

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

Handwritten signatures and stamps:
1-B-01
J1046 U.S. PTO
09/865528
05/29/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-160769

出 願 人

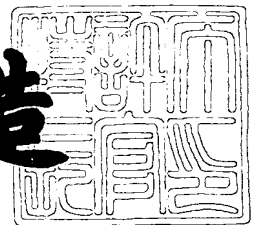
Applicant (s):

日本電気株式会社

2000年 8月18日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3066303

【書類名】 特許願

【整理番号】 34700740

【提出日】 平成12年 5月30日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 G01R 31/305

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

【フリガナ】 ヤマダ ケイゾウ

【氏名】 山田 恵三

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078237

【住所又は居所】 東京都練馬区関町北二丁目26番18号

【弁理士】

【氏名又は名称】 井出 直孝

【電話番号】 03-3928-5673

【選任した代理人】

【識別番号】 100083518

【住所又は居所】 東京都練馬区関町北二丁目26番18号

【弁理士】

【氏名又は名称】 下平 俊直

【電話番号】 03-3928-5673

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014421

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712711

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 デバイス検査方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検査試料上に電子ビームを走査しながら照射する電子ビーム照射手段と、

電子ビームの照射に伴って被検査試料に生じる電流を測定する電流測定手段とを備えたデバイス検査装置において、

複数の被検査試料について、前記電子ビーム照射手段による照射位置の移動に伴って前記電流測定手段により測定された電流値の変化をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて電流波形として記憶する記憶手段と、

この記憶手段に記憶された電流波形を複数の被検査試料について比較し、その比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその差が生じた被検査試料上の位置に関する情報を出力する比較手段と

を備えたことを特徴とするデバイス検査装置。

【請求項 2】 前記記憶手段は同一ウェハ上の二つの被検査試料について電流波形を記憶し、前記比較手段はその二つの被検査試料について比較する請求項 1 記載のデバイス検査装置。

【請求項 3】 前記電子ビーム照射手段は、被検査試料に設けられているホールの直径とほぼ同じ長さに電子ビームの幅を設定し、かつその幅で電子ビームを走査線方向に走査した後はその幅だけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査するように設定可能である請求項 1 記載のデバイス検査装置。

【請求項 4】 前記電子ビーム照射手段は、被検査試料に設けられているホールの直径より小さいサイズに電子ビームの幅を設定し、かつ電子ビームを走査線方向に走査した後は前記直径とほぼ同じ長さだけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査するように設定可能である請求項 1 記載のデバイス検査装置。

【請求項 5】 前記電子ビーム照射手段は、被検査試料に設けられている複数のホールに同時に電子ビームが照射されるように電子ビームの幅を設定し、かつその幅で電子ビームを走査線方向に走査した後はその幅だけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査するように設定可能である請求項 1 記載のデバイス検査

装置。

【請求項6】 前記電子ビーム照射手段は、被検査試料に設けられている複数のホールを含む領域に電子ビームが照射されるように設定し、かつ電子ビームを走査線方向に1度走査した後は電子ビームの幅だけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査するように設定可能である請求項1記載のデバイス検査装置。

【請求項7】 前記電子ビーム照射手段は、被検査試料を移動させて電子ビームを走査させる主走査手段と、この主走査手段による走査の間にその走査方向とは別の方向に電子ビームを偏向させる副走査手段とを含む請求項1記載のデバイス検査装置。

【請求項8】 前記比較手段は、ある回路パターンによって生じる電流波形の立ち上がり立ち下がりとの二つの位置の中間の位置における瞬時電流値を複数の被検査試料について比較する手段を含む請求項4記載のデバイス検査装置。

【請求項9】 前記比較手段は、ある回路パターンによって生じる電流波形の立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流を積分する手段と、この積分する手段の積分結果をその立ち上がりから立ち下がりまでの距離で除算する除算手段と、この除算手段により得られた値を比較する平均値比較手段とを含む請求項3または4記載のデバイス検査装置。

【請求項10】 前記比較手段は、同じ回路パターン位置に対応する電流波形を積分して比較する積分値比較手段を含む請求項6記載のデバイス検査装置。

【請求項11】 電子ビーム照射位置の移動に伴って測定された電流波形を周波数分析する手段と、周波数分析された結果、同じ周波数成分をもつ領域毎に電流波形取得位置をグループ分けする手段とを備えた請求項1記載のデバイス検査装置。

【請求項12】 グループ分けされた領域毎にその周波数成分に応じて検査方法を設定する手段を備えた請求項10記載のデバイス検査装置。

【請求項13】 前記比較手段は、電流波形に含まれる立ち上がり立ち下がりとの二つの位置の中間の位置をホール中心位置として算出する手段と、二つの被検査試料から算出されたホール中心位置の相対位置を比較する手段とを備えた請求項1記載のデバイス検査装置。

【請求項 1 4】 電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を用いてデバイスの良否検査を行うデバイス検査方法において、

第一の被検査試料に対して、ホール直径とほぼ同じ長さの線状電子ビームを線の長手方向に対して直角方向に走査しながら試料に照射し、1ラインの走査が終了するたびに走査位置をホール直径の長さだけ走査方向とは垂直の方向に移動し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのときの電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、

前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、

前記第一の電流波形と前記第二の電流波形とを比較してその比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出する

ことを特徴とするデバイス検査方法。

【請求項 1 5】 電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を用いてデバイスの良否検査を行うデバイス検査方法において、

第一の被検査試料に対して、ホールの直径より小さな幅の電子ビームを一定方向に走査して照射し、1ラインの走査が終了するたびに走査位置をホール直径の長さだけ走査方向とは垂直の方向に移動し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、

前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、

同じ回路パターン位置に対応する前記第一および第二の電流波形の立ち上がりとしち下がりの中心に位置する瞬時電流量を抽出して比較し、その比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出することを特徴とするデバイス検査方法。

【請求項 1 6】 電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を用いてデバイスの良否検査を行うデバイス検査方法において、

第一の被検査試料に対して、複数のホールに同時に線状電子ビームを線の長手方向とは直角方向に走査しながら照射し、1ラインの走査が終了するたびに走査位置を照射している電子ビームの幅だけ走査方向とは垂直の方向に移動し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、

前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、

同じ回路パターン位置に対応する前記第一の電流波形と前記第二の電流波形とを互いに比較し、その比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出する

ことを特徴とするデバイス検査方法。

【請求項 1 7】 電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を用いてデバイスの良否検査を行うデバイス検査方法において、

第一の被検査試料に対して、複数のホールを含む領域に同時に電子ビームを照射しながら走査し、1ラインの走査が終了するたびに走査位置をホール直径の長さだけ走査方向とは垂直の方向に移動し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、

前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、

前記第一の電流波形と前記第二の電流波形とをそれぞれ積分して両者を比較し、その比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出する

ことを特徴とするデバイス検査方法。

【請求項 1 8】 電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を用いてデバイスの良否検査を行うデバイス検査方法において、

電子ビームを照射しながら走査したときに被検査試料に生じた電流値をそのと

き電子ビーム照射位置と対応付けて電流波形として記憶し、

この電流波形に含まれるひとつの立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流を積分し、

その積分結果を前記立ち上がりから前記立ち下がりまでの距離で除算し、

得られた結果をあらかじめ記憶された基準値と比較してその被検査試料の良否を判定する

ことを特徴とするデバイス検査方法。

【請求項 1 9】 電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を用いてデバイスの良否検査を行うデバイス検査方法において、

第一の被検査試料に対して、電子ビームを照射しながら走査し、その際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、その電流波形に含まれる対応する波形の立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流を積分し、さらにその積分結果をその立ち上がりから立ち下がりまでの距離で除算して第一の平均値を求め、

前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、その電流波形に含まれる対応する波形の立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流を積分し、さらにその積分結果をその立ち上がりから立ち下がりまでの距離で除算して第二の平均値を求め、

前記第一の平均値と前記第二の平均値とを比較して前記第一の被検査試料と前記第二の被検査試料との良否を判定する

ことを特徴とするデバイス検査方法。

【請求項 2 0】 電子ビームの主走査が被検査試料に含まれるホールの直径に相当する距離だけ第一の方向に進む毎に、この第一の方向とは異なる第二の方向あるいはこの第二の方向と逆方向の第三の方向への一定量の副走査を交互に行う請求項 14 または 15 記載のデバイス検査方法。

【請求項 2 1】 少なくとも一方の電流波形を周波数分析し、同じ周波数成分をもつ領域毎に電流波形取得位置をグループ分けする請求項 14 ないし 19 のいず

れか記載のデバイス検査方法。

【請求項 2 2】 グループ分けされた領域毎にその周波数成分に応じて検査方法を設定する請求項 2 1 記載のデバイス検査方法。

【請求項 2 3】 電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を用いてデバイスの良否検査を行うデバイス検査方法において、

第一の被検査試料に対して、電子ビームを照射しながら走査し、その際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶するとともに、その電流波形に含まれる立ち上がりと立ち下がりとの二つの位置の中間の位置をホール中心位置として算出し、

前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対しても同様に、電子ビームを照射しながら走査し、その際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶するとともに、その電流波形に含まれる立ち上がりと立ち下がりとの二つの位置の中間の位置をホール中心位置として算出し、

前記第一の被検査試料に対して得られたホール中心位置と前記第二の被検査試料に対して得られたホール中心位置とを比較して、あらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出する

ことを特徴とするデバイス検査方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は電子ビームを利用した半導体デバイスの検査の検査に関する。特に、電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を測定することによりその被検査試料の良否検査を行うデバイス検査に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来から、電子ビームを利用してコンタクトホールやスルーホールを検査する装置が開発されている。例えば特開平 10-281746 号公報には、電子ビームをホールに注入し、電流が流れる場合を開口、電流が流れない場合を非開口と判断する

ことが開示されている。また、特開平10-281746号公報に開示の装置では、電子ビーム走査時間に対応づけて測定される電流の時間差を測定することにより、ホール底の直径を測定できる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

半導体デバイスのSOC (System On Chip) 化により、デバイス内にメモリやCPUなどのロジック回路が一緒に形成されるようになってきている。一般にロジック回路はレイアウトに規則性が無いため、ホールの位置も一般にランダムに配置されている。このようなランダムに配置されたホールを検査するために、上述した従来技術を利用することができる。

【0004】

しかし、測定された電流値をホールの開口良否と結び付けるためには、測定された電流のどの部分がホールに対応しているのかを知る必要がある。そのため、従来は、検査対象となる全てのホールの位置情報をCADデータを使って得る必要があり、そのデータをデバイス毎に用意する必要があった。

【0005】

一方、デバイスの集積化は急速に進んでいるため、1つのチップには1億個を超えるデバイスが集積されており、1つのチップの1層のレイアウトを記憶するためには数Gバイトのメモリー容量が必要となる。検査装置を1つのデバイスのためだけに用意することは現実問題としてあり得ず、量産工場で生産されているロジックデバイスは多品種である。このため、CADデータを使って位置を特定するには膨大な量のデータを蓄積する必要があり、その全てを単一の検査装置に蓄積するには無理がある。

【0006】

本発明は、このような課題を解決し、ロジック回路のようにホールがランダムに配置されている場合にも、CADデータを使わないで正しい検査結果が得られる検査方法および装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の第一の観点はデバイス検査装置であり、被検査試料上に電子ビームを走査しながら照射する電子ビーム照射手段と、電子ビームの照射に伴って被検査試料に生じる電流を測定する電流測定手段とを備えたデバイス検査装置において、複数の被検査試料について、前記電子ビーム照射手段による照射位置の移動に伴って前記電流測定手段により測定された電流値の変化をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて電流波形として記憶する記憶手段と、この記憶手段に記憶された電流波形を複数の被検査試料について比較し、その比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその差が生じた被検査試料上の位置に関する情報を出力する比較手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

実用的には、記憶手段は同一ウェハ上の二つの被検査試料について電流波形を記憶し、比較手段はその二つの被検査試料について比較することが良いが、二つの被検査試料は必ずしも同一ウェハ上のものである必要はなく、場合によっては、一方の被検査試料について前もって測定した値を用いてもよい。

【 0 0 0 9 】

電子ビーム照射手段は、被検査試料に設けられているホールの直径とほぼ同じ長さに電子ビームの幅を設定し、かつその幅で電子ビームを走査線方向に走査した後はその幅だけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査するように設定可能であることがよい。また、被検査試料に設けられているホールの直径より小さいサイズに電子ビームの幅を設定し、かつ電子ビームを走査線方向に走査した後は前記直径とほぼ同じ長さだけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査するように設定可能であることが望ましい。さらには、被検査試料に設けられている複数のホールに同時に電子ビームが照射されるように電子ビームの幅を設定し、かつその幅で電子ビームを走査線方向に走査した後はその幅だけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査するように設定可能であることが望ましく、被検査試料に設けられている複数のホールを含む領域に電子ビームが照射されるように設定し、かつ電子ビームを走査線方向に1度走査した後は電子ビームの幅だけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査するように設定可能であることがよい。電子ビーム照射手段はまた、被検査試料を移動させて電子ビームを走査させる主走査手

段と、この主走査手段による走査の間にその走査方向とは別の方向に電子ビームを偏向させる副走査手段とを含むこともできる。

【 0 0 1 0 】

ホールの直径より幅の小さい電子ビームを用いる場合、比較手段は、ある回路パターンによって生じる電流波形の立ち上がり立ち下がりとの二つの位置の中間の位置における瞬時電流値を複数の被検査試料について比較する手段を含むことができる。また、ホールの直径とほぼ同じあるいは小さい幅の電子ビームを用いる場合、ある回路パターンによって生じる電流波形の立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流を積分する手段と、この積分する手段の積分結果をその立ち上がりから立ち下がりまでの距離で除算する除算手段と、この除算手段により得られた値を比較する平均値比較手段とを含むこともできる。比較手段はまた、同じ回路パターン位置に対応する電流波形を積分して比較する積分値比較手段を含むこともできる。

【 0 0 1 1 】

本発明のデバイス検査装置にはさらに、電子ビーム照射位置の移動に伴って測定された電流波形を周波数分析する手段と、周波数分析された結果、同じ周波数成分をもつ領域毎に電流波形取得位置をグループ分けする手段とを備えることもできる。その場合、グループ分けされた領域毎にその周波数成分に応じて検査方法を設定する手段を備えることが望ましい。

【 0 0 1 2 】

比較手段は、電流波形に含まれる立ち上がり立ち下がりとの二つの位置の中間の位置をホール中心位置として算出する手段と、二つの被検査試料から算出されたホール中心位置の相対位置を比較する手段とを備えることができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の第二の観点は上述のデバイス検査装置を用いて実施される検査方法であり、第一の被検査試料に対して、ホール直径とほぼ同じ長さの線状電子ビームを線の長手方向に対して直角方向に走査しながら試料に照射し、1ラインの走査が終了するたびに走査位置をホール直径の長さだけ走査方向とは垂直の方向に移動し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのときの電子ビーム

照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、前記第一の電流波形と前記第二の電流波形とを比較してその比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明の第三の観点は上述のデバイス検査装置を用いて実施される検査方法であり、第一の被検査試料に対して、ホールの直径より小さな幅の電子ビームを一定方向に走査して照射し、1ラインの走査が終了するたびに走査位置をホール直径の長さだけ走査方向とは垂直の方向に移動し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、同じ回路パターン位置に対応する前記第一および第二の電流波形の立ち上がり立ち下がりを中心に位置する瞬時電流量を抽出して比較し、その比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出することを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明の第四の観点は上述のデバイス検査装置を用いて実施される検査方法であり、第一の被検査試料に対して、複数のホールに同時に線状電子ビームを線の長手方向とは直角方向に走査しながら照射し、1ラインの走査が終了するたびに走査位置を照射している電子ビームの幅だけ走査方向とは垂直の方向に移動し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、同じ回路パターン位置に対応する前記第一の電

流波形と前記第二の電流波形とを互いに比較し、その比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

本発明の第五の観点は上述のデバイス検査装置を用いて実施される検査方法であり、第一の被検査試料に対して、複数のホールを含む領域に同時に電子ビームを照射しながら走査し、1ラインの走査が終了するたびに走査位置をホール直径の長さだけ走査方向とは垂直の方向に移動し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、前記第一の電流波形と前記第二の電流波形とをそれぞれ積分して両者を比較し、その比較結果にあらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本発明の第六の観点は上述のデバイス検査装置を用いて実施される検査方法であり、電子ビームを照射しながら走査したときに被検査試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて電流波形として記憶し、この電流波形に含まれるひとつの立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流を積分し、その積分結果を前記立ち上がりから前記立ち下がりまでの距離で除算し、得られた結果をあらかじめ記憶された基準値と比較してその被検査試料の良否を判定することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

本発明の第七の観点は上述のデバイス検査装置を用いて実施される検査方法であり、第一の被検査試料に対して、電子ビームを照射しながら走査し、その際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶し、その電流波形に含まれる対応する波形の立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流を積分し、さらにその積分結果をその立ち上がりから立ち下

がりまでの距離で除算して第一の平均値を求め、前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対して、第一の被検査試料と同様に電子ビームを走査してその際に試料に生じた電流値を電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶し、その電流波形に含まれる対応する波形の立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流を積分し、さらにその積分結果をその立ち上がりから立ち下がりまでの距離で除算して第二の平均値を求め、前記第一の平均値と前記第二の平均値とを比較して前記第一の被検査試料と前記第二の被検査試料との良否を判定することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

電子ビームの主走査が被検査試料に含まれるホール直径に相当する距離だけ第一の方向に進む毎に、この第一の方向とは異なる第二の方向あるいはこの第二の方向と逆方向の第三の方向への一定量の副走査を交互に行うこともできる。

【 0 0 2 0 】

少なくとも一方の電流波形を周波数分析し、同じ周波数成分をもつ領域毎に電流波形取得位置をグループ分けすることもできる。この場合、グループ分けされた領域毎にその周波数成分に応じて検査方法を設定することができる。

【 0 0 2 1 】

本発明の第八の観点は上述のデバイス検査装置を用いて実施される検査方法であり、第一の被検査試料に対して、電子ビームを照射しながら走査し、その際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第一の電流波形として記憶するとともに、その電流波形に含まれる立ち上がり立ち下がりとの二つの位置の中間の位置をホール中心位置として算出し、前記第一の被検査試料と同じ回路パターンに形成された第二の被検査試料に対しても同様に、電子ビームを照射しながら走査し、その際に試料に生じた電流値をそのとき電子ビーム照射位置と対応付けて第二の電流波形として記憶するとともに、その電流波形に含まれる立ち上がり立ち下がりとの二つの位置の中間の位置をホール中心位置として算出し、前記第一の被検査試料に対して得られたホール中心位置と前記第二の被検査試料に対して得られたホール中心位置とを比較して、あらかじめ定められた値以上の差がある場合にはその対応する位置座標を抽出することを特徴とする

【 0 0 2 2 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

図1は本発明第一実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図であり、図2はこの装置によるデバイス検査の流れを示すフローチャートである。

【 0 0 2 3 】

この装置は、電子ビーム照射系として、試料に電子ビームを垂直に照射する電子銃11と、被検査ウェハ10が載置されその被検査ウェハ10と電子銃11から照射される電子ビームとの位置関係を定めるXYステージ12と、電子ビームが照射された位置を測定する電子ビーム照射位置検出装置13と、電子ビームの照射位置を制御する電子ビーム照射位置制御装置14と、電子ビーム照射位置制御装置14の制御により電子銃11およびXYステージ12をそれぞれ制御する電子銃制御装置15およびステージコントローラ16とを備える。また、電流測定および検査系として、XYステージ12上に被検査ウェハ10の裏面と接するように配置された補償電流測定用の電極20と、この電極20に流れた電流を増幅する電流アンプ21と、電流アンプ21の出力する電流値および電子ビーム照射位置検出装置13の出力する位置情報とをそれぞれデジタル信号に変換するA/D変換器22と、変換されたデジタル信号を記憶する二つの記憶装置23、24と、これらの記憶装置23、24に記憶された信号を比較する波形比較装置25と、比較結果に基づいてホールの良否を判断する不良判定装置26と、この不良判定装置26がホールの良否を判定するための情報が記憶された判定用データベース27と、不良と判定されたホールの位置を記憶する不良位置記憶装置28と、不良位置を画像表示装置、プリンタあるいはネットワークに出力する不良位置出力装置29とを備える。

【 0 0 2 4 】

電子ビーム照射位置検出装置13としては、例えば、光学式精密距離測定装置を用いる。記憶装置23、24は二つの被検査試料（チップ）に対応した電流波形を別々に記憶するものとして二つに分けて示したが、ひとつの記憶装置を用いても同様に実施できる。また、不良位置記憶装置28についても、記憶装置23、24と同じ記憶装置を利用することができる。不良位置記憶装置28には、必要に応じて、不

良のランク分けを行ってそのランク別に位置情報を記憶することもできる。

【 0 0 2 5 】

電子ビームの走査は、電子銃11を特定の位置に固定しておき、XYステージ12を電子銃11の位置に対して移動させることによって行う。XYステージ12の位置は、電子ビーム照射位置検出装置13により測定する。電子ビーム照射位置検出装置13として光学式精密距離測定装置を用いた場合には、100オングストロームの精度で電子ビームの照射位置を正確に測定することができる。第一の被検査試料に対して電子ビームをライン状に走査している間に、その試料で生じた電流を電流アンプ21およびA/D変換器22によって第一の電流波形として測定し、電子ビーム照射位置検出装置13の出力から求められる第一の電子ビーム照射位置座標と組にして、第一の記憶装置23に記録する。同様の測定を別のチップの同一パターン形成箇所である第二の被検査試料に対しても行い、第二の電流波形を取得して、第二の電子ビーム照射位置座標と組にして第二の記憶装置24に記録する。続いて、波形比較装置25により二つの電流波形の差をとり、不良判定装置26により、その差を判定用データベース27から読み出した基準値と比較する。比較の結果、その差が基準値より小さければ、良品と判断できる。二つの電流波形の差が基準値より大きい場合には、不良判定装置26はその試料を不良品と判断し、その不良箇所に相当する電子ビーム照射位置座標を不良位置記憶装置28に記録する。不良位置出力装置29は、不良位置記憶装置28に記録された情報を画像表示装置、プリンタあるいはネットワークを介して他の装置に出力する。

【 0 0 2 6 】

図3は本実施例および以下の実施例において検査対象となる第一の被検査試料と第二の被検査試料の位置関係を示し、図4はその一部を拡大して示す。二つの被検査試料1、2は同一基板の上に形成され、それぞれが最終的に1つのチップとして切り取られる領域に相当する。半導体LSIはステッパーと呼ばれる露光装置を利用して製造されており、隣同士のチップの間隔およびチップ内部のレイアウトは正確に同じである。すなわち、第一の被検査試料1の角を原点(0,0)として相対座標で表現されたチップ内部のレイアウトは、第二の被検査試料2の角を原点(0,0)として表したチップ内部のレイアウトと正確に一致する。したがって、両者

を比較してある一定基準以上の変化が認められれば、その領域は不具合を含んでいると考えられる。本願発明では、このような比較法を用いる事により、被検査試料のレイアウト情報をCADデータから知ることなしに、ホールの配置状態に関わらず、ホール不良が特定された位置のみを知ることが可能である。

【 0 0 2 7 】

図3では二つの被検査試料が同じ半導体ウェハ上の互いに離れた位置のチップである場合を示しているが、被検査試料としては、同じ半導体ウェハ上に同時に形成された複数のチップのうちのいずれか二つであればよい。どのチップ同士を検査するかは場合によって異なるが、一般的には、隣同士あるいは良品が取れやすい特定の位置のチップを第一の被検査試料とし、第二の被検査試料を順次変えて検査を行う。電子ビームを利用したホールの良不良判定は、電子ビームを照射した際に生じる電流の大きさや極性の変化を利用する。以下では、簡単のために、不良品ホールの底には残留物が存在するために、不良品ホールにて観測される電流は良品ホールの場合に比べてずっと小さな電流しか流れないものとして議論を進める。

【 0 0 2 8 】

図5は図1に示した実施例による検査例を示し、(a)に良品チップの検査領域、(b)に不良品チップの検査領域を示す。この図では、検査対象ホールの名前を記号A、B、C、D、E、F、Gで表し、その横に、それぞれのホールに電子ビーム照射を行った際に測定される最大の電流値を示す。また、図の左側には、帯状に走査される電子ビームのライン番号1ないし7を示す。Wは1回に走査する電子ビームの幅を示す。この例では、通常の半導体デバイスで見られるように、検査対象ホールの大きさは一定（例えば0.15ミクロン）であるものとした。一般に、半導体デバイスは露光技術やエッチング技術などの制約から、ホールとホールの間隔はホールの直径よりも長い。この例では、ホールはランダムに並んでおり、一定の周期を持たないものとした。

【 0 0 2 9 】

図5に示した例では、検査対象ホールA、B、C、D、E、F、Gの最大電流値が、(a)の良品チップではそれぞれ10、9、10、7、9、6、9であるのに対し、(b)の不良

品チップではそれぞれ10、9、10、7、9、6、1となっており、検査対象ホールGが不良であることがわかる。図5には、ホールGが検査対象となる6番目の電子ビーム走査時に観測された、電子ビーム走査位置に対応した電流値を示す。

【0030】

この検査方法についてさらに詳しく説明する。

【0031】

まず、被検査試料となるチップの位置座標を電子ビーム照射を行うための位置座標に一致させる。検査試料となる最先端デバイスのホールのサイズは0.2ミクロン以下であるので、この位置座標が十分に再現できる1000オングストロームよりも高い位置精度でアライメントを行う。このためには、ウェハ上に形成されているアライメントマークを利用する。

【0032】

アライメントマークを利用する方法には幾つかの方法がある。1つは半導体プロセスで通常利用されているマスクアライメントのためのアライメントマークを利用する方法である。このアライメントマークは酸化膜、金属膜などで出来ており、基板表面にあるので、検査装置内部に設けられた走査顕微鏡を利用して、二次電子画像に変換する。画像で見えている位置が正しく電子ビームが照射されている位置なので、アライメントマークの位置を原点とするように電子ビーム走査系の位置座標を一致させる。

【0033】

走査顕微鏡を使用しない別の方法としては、アライメントマークに流れる電流を測定する方法がある。アライメントマークとして検査試料と同様のホール形状のものを別途作製する。ホールの大きさは検査試料と同様の大きさの物でもよいし、測定精度を上げるためにもっと小さな物を用いてもよい。ホールの検査原理と同じように、電子ビームがホール以外の場所を照射している間は観測される電流が小さく、ホールの位置に電子ビームが照射されると電流は多く流れる。電子ビーム照射位置がマークに一致していると、観測される電流は最大になるので、この位置をアライメントが合っている位置として利用する。

【0034】

アライメントが終了後、第一の被検査試料のホールが形成されている領域に対して、ライン1に沿って、長さがホール直径に相当する線状電子ビームを検査試料表面に垂直に左から右に走査する。検査領域の端にたどり着いたら幅Wだけ走査方向とは垂直の方向に電子ビーム照射位置をずらし、再び電子ビームの走査をライン2に沿って行う。走査の方向はs字型にしてもよいし、最初の位置に復帰して左から右に走査を行ってもよい。垂直方向の移動幅は、おおよそホールの直径の大きさに設定する。

【0035】

同様にライン3、4、5、6、7に沿って走査を行い、被検査試料全体を隈なく走査する。良品と不良品チップの比較のタイミングは検査装置に設置された記憶装置の容量と関係がある。1ライン毎に良品と不良品の比較を行えば、1ライン分の波形を記録する記憶装置を設ければよい。良品1チップ全てを測定してから、不良品チップを測定する場合には、1チップ分の情報を記憶する記憶装置が必要となる。しかし、検査速度を向上させるためには、物理的に距離のあるチップ間の電子ビーム照射位置の移動は多くの時間を必要とするので、できるだけ大きな記憶装置を用いて、1チップの情報を丸ごと記憶してその情報と比較する事が望ましい。

【0036】

このような検査の結果、図5に示したように、6番目のラインに沿った走査において、一方の被検査試料ではホールGに相当する位置に電子ビーム走査位置が来たときに最大9の電流値が観測されるのに対し、他方の被検査試料では、ホールGに差し掛かったときには最大1の電流しか観測されなかったとすると、ホールGに不良が存在することがわかる。また、その不良位置については、電子ビーム照射位置検出装置13により測定された電子ビーム照射位置から求めることができる。

【0037】

このように、本実施例では、被検査試料のホール位置が未知であっても、不良ホールの検出およびその位置の特定ができる。

【0038】

図6ないし図9は図1に示した実施例による別の検査例を示し、それぞれ、(a)に良品チップの検査領域、(b)に不良品チップの検査領域を示す。図5に示した検査例では電子ビームの幅を被検査試料に設けられているホールの直径とほぼ同じ長さに設定していた。これに対して図6ないし図9にそれぞれ示す検査例では、電子ビームの幅をホールの直径よりも大きく設定し、被検査試料に設けられている複数のホールに同時に電子ビームが照射されるようにしている。具体的には、走査方向に100オングストローム程度、横方向には数ミクロンの幅をもつ線状電子ビームを用いる。また、1走査線が終了した後は、その幅だけ走査線方向と垂直方向にずれた位置を走査する。

【0039】

図6の検査例では、同じ大きさのランダムに配置された複数のホールに、同時に電子ビームを照射して検査を行っている。電子ビームは走査方向には非常に短い、走査方向と垂直の方向には複数のホールが含まれる程度の長さとなっている。電流値は数ピコアンペアないし数ナノアンペアとする。図6には、簡単のために、二つのホールを同時に測定する場合を示した。数字はそれぞれのホールで流れる最大電流値を示す。

【0040】

図6に示す検査例において、(a)の良品チップでは、電子ビームがコンタクトホールDに差しかけると電流が流れ始め、電子ビームがコンタクトホールBに差し掛かるとDとBの電流の合成となるため更に電流が流れる。電子ビームがDの領域を通過してしまうと再び電流値が小さくなり、更に、コンタクトホールBの領域を通過すると電流値は0となる。一方、(b)に示すコンタクトホールDが不良のチップでは、コンタクトホールDに差し掛かった位置aのときに示す電流値が非常に小さい。すなわち、良品と不良品とで同じパターンが形成されている位置にある2つの波形を比較すると、波形が異なっている。一方、良品ホールが形成されている場所では、良品チップと不良品チップとの双方で同じ電流波形が得られる。したがって、図5の検査例と同様に、不良の検出およびその位置の特定ができる。

【0041】

また、複数のホールに電子ビームを照射した場合にも、ホール位置がずれているときは、それぞれのホールが発生する電流が測定位置に対して分離して測定され、良品チップと不良品チップの電流波形には大きな差が生じるため、電流波形を比較する事によってホールの不良を検出できる。

【 0 0 4 2 】

図7はホールが縦方向に重なっている場合の検査例を示す。本願発明の検査原理である電子ビーム照射により生じる電流値は、同時照射されているホールが生じる電流の合計値に等しい性質がある。そのため、ホール位置が重なっている場合に測定される電流値は、電子ビームがそれぞれのホールに照射された場合に生じる電流値の合計となる。図7に示す例では、電子ビームがホールB、Dに差し掛かったときには良品では最大電流値として17が観測されるのに対し、不良品では11しか観測されない。したがって、良品と不良品では、大きな電流波形の違いが生じ、不良品の存在が検出される。

【 0 0 4 3 】

図8は大きさの異なったホールが1列に存在する場合の検査例を示す。図7の検査例と同様の線状電子ビームを用いた場合に、測定される電流値は、電子ビームがそれぞれのホールに照射された場合に生じる電流値の合計となる。良品ホールAでは10の電流が流れるのに対して、不良品のホールAでは、1しか流れない。このため、電子ビームが位置aに差し掛かったときに既に電流波形の差が生じ、その後もホールAからの電流寄与が小さいため、観測される電流波形は全体的に小さくなる。このように、大きさの異なったホールが1列に存在する場合にそれらを同時検査しても、良品チップと不良品チップの間では波形に差が生じるため、不良を検出できる。

【 0 0 4 4 】

図9は、大きさの異なるホールA、B、C、Dが、ばらばらに存在する場合の検査例を示す。ここでは、ホールCが不良であるとする。線状の電子ビームを用いて走査を行った場合、図から明らかなように、位置bの電流変化量が良品チップのものと不良品チップとで異なる。この差を検出することによって不良が検出される。

【 0 0 4 5 】

図10は本発明第二実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図であり、図11はこの装置によるデバイス検査の流れを示すフローチャートである。

【 0 0 4 6 】

この装置は、波形比較装置25に代えてパルス検出器31、32および瞬時電流比較装置33を備え、電子銃11の出力する電子ビームとして、ホールの直径よりも十分に細い点状平行電子ビームを利用することが上述の第一実施例と異なる。

【 0 0 4 7 】

電子ビームを照射してそれにより被検査試料に生じる電流を測定する場合、ホールの底の性質が均一であるときは、ホールのどこの部分に電子ビームを照射された場合にも、単位面積あたりに換算すれば同じ電流が流れる性質がある。したがって、ホールの良否検査を行うためには、必ずしもホール全体を一遍に電子ビーム照射する必要はない。そこで本実施例では、ホールの直径よりも十分に細い点状平行電子ビームを利用する。走査ラインの間隔はホール直径と同じ程度にする。このような条件で電子ビームを被検査試料に垂直入射しながらラインに沿って走査すると、良品ホール部分を通過するときにパルス電流が流れる。良品コンタクトホールを通過する場合であっても、1つのコンタクトホールを通過する間に流れるトータルの電流値は、穴の真中を通過する場合と端を通過する場合など電子ビームが通過する位置に依存して変化する性質がある。しかし、波形の中心位置で測定される瞬時電流値はホールのどこを通過した場合も同じ値である。そこで、パルスの立ち上がりと立ち下がりとを検出し、その中心位置で観測された瞬時電流値を抽出して、電子ビームが試料に照射された位置とともに記憶する。記憶された良品と被検査試料における瞬時電流値を比較することによって、良否を判断する。

【 0 0 4 8 】

図12は図10に示した実施例による図5と同等の被検査試料に対する検査例を示し、(a)に良品チップの検査領域、(b)に不良品チップの検査領域を示す。この図において、第一の被検査試料のホールFの中心位置に相当する位置bと第二の被検査試料のホールFの中心位置に相当する位置dとはその瞬時電流値が等しいので

二つの被検査試料のホールFは良品であり、第一の被検査試料のホールGの中心位置に相当する位置aと第二の被検査試料のホールGの中心位置に相当する位置cとはその瞬時電流値が異なるのでその一方が不良品と分かる。

【 0 0 4 9 】

この検査方法についてさらに詳しく説明する。

【 0 0 5 0 】

第一実施例と同様にアライメントが終了した後、第一の被検査試料のホールが形成されている領域に対して、ライン1に沿って、ホール直径に比べて十分に小さいサイズを持つ電子ビームを被検査試料表面に垂直に入射し、左から右に走査する。検査領域の端にたどり着いたら幅Wだけ走査方向とは垂直の方向に電子ビーム照射位置をずらし、再び電子ビームの走査をライン2に沿って行う。走査の方向はs字型にしてもよいし、最初の位置に復帰して左から右に走査を行ってもよい。垂直方向の移動幅Wはおおよそホールの直径の大きさにとる。

【 0 0 5 1 】

同様にライン3、4、5、6、7に沿って走査を行い、被検査試料全体を隈なく走査する。

【 0 0 5 2 】

電子ビームの走査は、電子銃11を特定の位置に固定しておき、XYステージ12を電子銃11の位置に対して移動させることによって行う。XYステージ12の位置は、電子ビーム照射位置検出装置13により測定する。電子ビーム照射位置検出装置13として光学式精密距離測定装置を用いた場合には、100オングストロームの精度で電子ビームの照射位置を正確に測定することができる。第一の被検査試料に対して電子ビームをライン状に走査している間に、その試料で生じた電流を電流アンプ21およびA/D変換器22によって第一の電流波形として測定し、電子ビーム照射位置検出装置13の出力から求められる第一の電子ビーム照射位置座標と組にして、第一の記憶装置23に記録する。同様の測定を別のチップの同一パターン形成箇所である第二の被検査試料に対しても行い、第二の電流波形を取得して、第二の電子ビーム照射位置座標と組にして第二の記憶装置24に記録する。

【 0 0 5 3 】

第一実施例では、電子ビーム走査位置がホールの位置に来たときに発生した電流を比較することで、二つの被検査試料の良否を判定していた。これに対し、本実施例のように細い電子ビームを照射した場合には、ホールの中心位置における電流値、すなわちパルスを中心における瞬時電流である。そこで、第一の電流波形に属するパルスの立ち上がり立ち下りの位置をパルス検出器31により検出してパルス中心位置を算出し、その位置において観測される瞬時電流値を抽出する。次いで、第二の電流波形に属するパルスの立ち上がり立ち下りの位置をパルス検出器32により検出してパルス中心位置を算出し、その位置において観測される瞬時電流値を抽出する。次に、瞬時電流比較装置33により、互いに対応する位置で得られた瞬時電流値を比較する。これらの瞬時電流値が異なっている場合には、その位置のホールに不良があると判断でき、それを不良位置記憶装置28に記憶する。

【 0 0 5 4 】

図5に示した例では、6番目の走査において、第一の被検査試料ではホールGに相当する位置に電子ビーム走査位置が来たときに最大9の電流値が観測されたのに対し、第二の被検査試料ではホールGに差し掛かったときには最大1の電流しか観測されず、そのことから第二の被検査試料のホールGが不良品であると判断していた。これに対し本実施例では、図12に示したように、位置aと位置cとで瞬時電流値が異なっているので、ホールGに不良があると判断できる。

【 0 0 5 5 】

図13は本発明第三実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図であり、図14はこの装置によるデバイス検査の流れを示すフローチャートである。

【 0 0 5 6 】

この装置は、第一実施例における波形比較装置25、あるいは第二実施例におけるパルス検出器31、32および瞬時電流比較装置33に代えてパルス積分器41、42および積分値比較装置43を備え、個々のホールに流れた電流値により良否判定を行うことが上述の実施例と異なる。

【 0 0 5 7 】

二つの被検査試料により得られた電流波形は、一旦、記憶装置23、24にそれぞれ

れ位置情報とともに蓄積される。蓄積された情報は、それぞれパルス積分器41、42により、パルス1個に流れた電流値に積分される。その値を積分値比較装置43にて比較する。そして、判定用データベース27に蓄積された情報と照らし合わせ、不良判定装置26にて良不良判定を行う。不良と判定された波形に対応する位置座標が不良位置記憶装置28に記憶され、位置情報出力装置29から画像表示装置、プリンタあるいはネットワーク等に出力される。

【 0 0 5 8 】

図15は本発明第四実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図であり、図16はこの装置によるデバイス検査の流れを示すフローチャートである。

【 0 0 5 9 】

この装置は、A/D変換器22と不良判定装置26との間に記憶装置51、パルス積分器52、パルス幅検出器53、除算装置54および記憶装置55を備え、単位面積当たりの電流値により良否判定を行うことが上述の実施例と異なる。

【 0 0 6 0 】

この実施例では、まず、測定された電流波形を記憶装置51に記憶し、その電流波形に属する1つのパルスについて、その立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流値をパルス積分器52にて積分して、1パルス間に流れた総電流値を求める。同時に、パルス幅検出器53を用いて、ホール横断距離に等しいパルス波形の立ち上がりから立ち下がりまでの幅Lを求める。次いで、除算装置54を用いて、総電流量を幅Lの自乗で割る。この演算によって、電子ビームがどこを通過したかに無関係な、単位面積当たりに流れる電流値が得られる。不良判定装置26では、この単位面積当たりの電流値と、あらかじめ求められて判定用データベース27に貯えられている基準値とを比較し、その大きさの違いより良品と不良品とを判別する。

【 0 0 6 1 】

図17は本実施例の検査原理を説明する図である。本実施例に限らず本発明では、CAD等の位置座標を利用しないで不良ホールの位置を特定するので、検査に利用される電子ビームが必ずしもホールに完全に照射されるとは限らない。図17には、ひとつのコンタクトホールを完全に電子ビームが通過するカバレジ100%の

場合と、半分の領域だけ通過したカバレジ50%の場合とを示す。特定のサイズを持つ良品コンタクトホールを流れる電流値は一定である。測定された電流波形のうち、ひとつのホールに対応するパルスの立ち上がりから立ち下がりまでに流れる電流の総量と、パルスの幅とから、電子ビームが良品コンタクトホールのどの領域を通過したかを知ることができる。

【 0 0 6 2 】

良否判定の際に比較される基準値は、良品ホールの示す単位面積当たりの電流値である。したがって、その値としては、同一工程を経た他のウェハのチップのホールが示す値や、テストパターンなどで得られたデータ、あるいはシミュレーション等を行って推測した値を利用する。特に本実施例では、別のウェハ由来の基準値を利用するので、プロセス開発当初のウェハ内部での良品率が著しく低いときなどに利用する。

【 0 0 6 3 】

図18は本発明第五実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図であり、図19はこの装置によるデバイス検査の流れを示すフローチャートである。

【 0 0 6 4 】

この装置は、記憶装置51、パルス積分器52、パルス幅検出器53、除算装置54および記憶装置55と並列に記憶装置61、パルス積分器62、パルス幅検出器63、除算装置64および記憶装置65を備え、さらに、記憶装置55に記憶された電流値と記憶装置65に記憶された電流値との割り算を行う除算装置66を備え、同一基板上にある複数のチップを用いて比較検査を行うことが第四実施例と異なる。

【 0 0 6 5 】

本実施例は、生産がある程度安定している量産工場等で利用する。前述の第四実施例と同じように、まず、第一および第二の被検査試料に電子ビームを照射して得られる電流波形をそれぞれ記憶装置51、記憶装置61に記憶する。次に、パルス積分器52、62により、測定された電流波形に属する1つのパルスの立ち上がりから立ち下がりまでに流れた電流値を積分して、1パルス間に流れた総電流量を求める。その一方でパルス幅検出器53、63によりホール横断距離と等しいパルス波形の立ち上がりから立ち下がりまでの幅Lを求め、除算器54、64を用いて、パル

ス積分器52、62で得られた総電流量を幅Lの自乗で割る。この演算によって、電子ビームがどこを通過したかに無関係な、単位面積あたりに流れる電流値が得られる。第一および第二の被検査試料から得られた値をそれぞれ記憶装置55、56に記憶したのち、お互いの値を除算装置66で割り算し、得られた値を不良判定装置26により基準値と比較する。この基準値はチップ間で許容される差を定義している。比較結果が大きい場合は、その位置に不良が存在するということなので、その座標を不良位置記憶装置28に記憶するとともに、不良位置出力装置29を介して、画像表示装置、プリンタあるいはネットワークなどの出力装置に座標情報を出力する。

【 0 0 6 6 】

図20は、第二実施例のように細い電子ビームを利用して検査を行う場合に、検査速度を飛躍的に向上させるための構成例を示す。この構成では、電子ビームを偏向させる副走査用偏向装置17を備え、ウェハ位置を定めるXYステージ12の主走査とともに、副走査用偏向装置17による副走査を当時に行う。

【 0 0 6 7 】

主走査はXYステージ12の移動によって行われるので、現在の技術では、1m/秒を超えるスピードで安定して移動することは困難である。電流測定による検査法は大変高速なので、走査速度が検査の速度の上限を決定する。そこで、実質的に走査の速度が向上するように、主走査を行うと同時に、主走査方向に垂直な方向に高速に副走査を行う。副走査は電子ビーム偏向によって行われるため、XYステージの移動速度の何万倍も速い。小さな副走査距離の場合には、電子ビームの入射角度は実質的に垂直であり、検査に影響しないため、通常の電子ビーム偏向器を利用することができる。大振幅の副走査を行う場合には、ビームを平行移動させるビームシフタを利用する。

【 0 0 6 8 】

図21は走査軌跡の一例を示す。この例では、主走査がゆっくり一定方向に進行する間に、一定幅で高速に往復する副走査を同時に行う。副走査は、主走査方向に、検査対象ホールの直径とほぼ等しい間隔で平行に行う。このようにすると、主走査の速度に副走査の速度を掛けた速度と同じ速度で走査を行っているのと同

じになり、検査速度を飛躍的に向上できる。

【 0 0 6 9 】

図22ないし図24はコンタクトホールがランダムに配置されている領域と等間隔で配置されているアレイ領域とを同一チップ上に含むデバイスの検査方法を説明する図であり、図22はそのようなアレイ領域とそれ以外の領域とを区別して検査する方法のフローチャート、図23はホール配置の例、図24はホール位置の空間分布を示すパワースペクトラムである。

【 0 0 7 0 】

SOCデバイス等では、ランダムロジックと共に、メモリ等のコンタクトホールが等間隔で長距離に渡って配置されているアレイ領域が設けられる。アレイ領域だけであれば、複数のホールに一括して電子ビームを照射して不良割合を求めるという従来から知られた高速の検査方法を適用することができる。しかし、ランダムロジックの場合は、そのような検査はできない。そこで、図22のフローチャートに示す方法では、被検査試料から自動的に、すなわちCAD等からレイアウト情報を得る必要なしに、アレイ領域を抽出し、アレイ領域とその他の領域とを別々に検査する。

【 0 0 7 1 】

すなわち、まず、走査方向に対する幅がホールの直径と同程度またはそれより小さい電子ビームを用い、最初の被検査試料を検査して電流波形を取得する。このような電子ビームを用いることで、走査方向に現れるホールの位置を検出することができる。その位置を一旦記憶し、次に、ホールの位置の空間分布をある特定の区間毎（例えば数十から数百ミクロン）に周波数分析する。これにより、図24に示すようなパワースペクトラムの位置依存性が得られる。お互いに相関の強い場所はパワーが大きくなり、その領域にアレイが存在していることが検出される。逆に相関が1よりも小さい領域は、ランダムロジック領域を示している。アレイ部には、従来法と知られている複数のホールに一括に電子ビームを照射して不良割合を求める方法を適用して、検査の高速化を行う。

【 0 0 7 2 】

図25および図26は電流波形の位置情報を利用してホールの良否を判定する方法

を説明する図であり、図25はフローチャート、図26は検査例を示す。この方法では、前述の例と同じように、第一の被検査試料を走査して電流波形を取得し、第一の検査試料のホール位置を決定する。次に第二の検査試料を走査して電流波形を取得し、第二の検査試料のホール位置を決定する。測定されたホール位置を互いに比較し、一定以上の位置ずれが存在する場合には、そのホールを不良と判定する。同時にその位置を記憶装置に記憶する。

【0073】

以上の実施例においては電子ビームの形状として線状のものをを用いたが、その長さや形状は目的に応じて円形や楕円、正方形など変化させても同様に本発明を実施できる。また、ビームの照射される領域は必ずしも連続的である必要もない。ビームの照度は同時にビーム照射を受ける領域中では一定であることが望ましいが、ビーム強度がある一定以上の強さがあれば、比較検査が可能である。より精密に測定を行うためには、ビームの照度分布が既知であることが望ましい。電子ビームは連続的に照射されるばかりでなく、間欠的に行っても良い。電子ビームの走査は必ずしも異なった位置を走査する必要はなく、一部の領域を少し重ねて走査してもよい。電子ビームの加速電圧や注入電流は、試料によって最適な値を適宜選択して利用することができる。電子ビーム照射位置検出装置としては、光学式の装置以外に、電磁波を用いた装置、電気抵抗を用いた装置、容量を用いた装置あるいは量子力学的な測定装置など、距離に応じて変化する物理量を検出することを原理とするどのような装置を用いてもよい。

【0074】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、複数の被検査試料の間で電流測定値を比較することでその試料の良否判定を行う。したがって、ホールの状態を二次電子画像表示するなどの必要がなく、そのための複雑な装置も不要である。本発明により、CADデータを利用しなくても、ランダムに配置されたホールの良否を検査することができる。大量のCADデータを装置間でやり取りしないので、大容量記憶装置とCPU間での大量データ転送が生じず検査速度を向上できる。また、そのための記憶装置の容量を小さくできる。さらに、ホールの配置がランダムな場合で

も、複数のホールを同時検査可能であり、速度を向上できる。

【0075】

本発明では、電子ビームが通過する位置がホールのどの部分であっても検査に有効な情報が取得可能であり、必ずしもホールの特定の位置に電子ビームを照射する必要がない。ホールの位置情報も利用してホール良否検査を行うので、ホールの底の変化だけでは検査結果が明瞭に出ない場合にも、検査が可能となる場合がある。

【0076】

一般に、ランダムに配置されているホールの検査よりもアレイ状に配列されているホールの検査の方が高速化でき、両者は1つのチップ内にて混在している。本発明では、ホールの配列を最初の検査においてあらかじめ調査し、測定された電流の周波数分布からホールがアレイ状に配列されている場所を推定してその情報をもとに最適な検査方法を選択することで、検査の高速化が可能である。

【0077】

電子ビームを副走査する場合には、実効的な走査速度を向上させることができ、検査速度をさらに向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明第一実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図。

【図2】

デバイス検査の流れを示すフローチャート。

【図3】

検査対象となる第一の被検査試料と第二の被検査試料の位置関係を示す図。

【図4】

一部を拡大して示す図。

【図5】

図1に示した実施例による検査例を示し、(a)は良品チップの検査領域、(b)は不良品チップの検査領域を示す図。

【図6】

別の検査例を示す図。

【図 7】

別の検査例を示す図。

【図 8】

別の検査例を示す図。

【図 9】

別の検査例を示す図。

【図 1 0】

本発明第二実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図。

【図 1 1】

デバイス検査の流れを示すフローチャート。

【図 1 2】

図10に示した実施例による図5と同等の被検査試料に対する検査例を示し、(a)は良品チップの検査領域、(b)は不良品チップの検査領域を示す図。

【図 1 3】

本発明第三実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図。

【図 1 4】

デバイス検査の流れを示すフローチャート。

【図 1 5】

本発明第四実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図。

【図 1 6】

デバイス検査の流れを示すフローチャート。

【図 1 7】

検査原理を説明する図。

【図 1 8】

本発明第五実施例のデバイス検査装置を示すブロック構成図。

【図 1 9】

デバイス検査の流れを示すフローチャート。

【図 2 0】

細い電子ビームを利用して検査を行う場合に、検査速度を飛躍的に向上させるための構成例を示す図。

【図 2 1】

走査軌跡の一例を示す図。

【図 2 2】

コンタクトホールがランダムに配置されている領域と等間隔で配置されているアレイ領域とを同一チップ上に含むデバイスの検査方法を説明する図であり、そのようなアレイ領域とそれ以外の領域とを区別して検査する方法のフローチャート。

【図 2 3】

ホール配置の例を示す図。

【図 2 4】

ホール位置の空間分布を示すパワースペクトラム。

【図 2 5】

電流波形の位置情報を利用してホールの良否を判定する方法のフローチャート。

【図 2 6】

検査例を示す図。

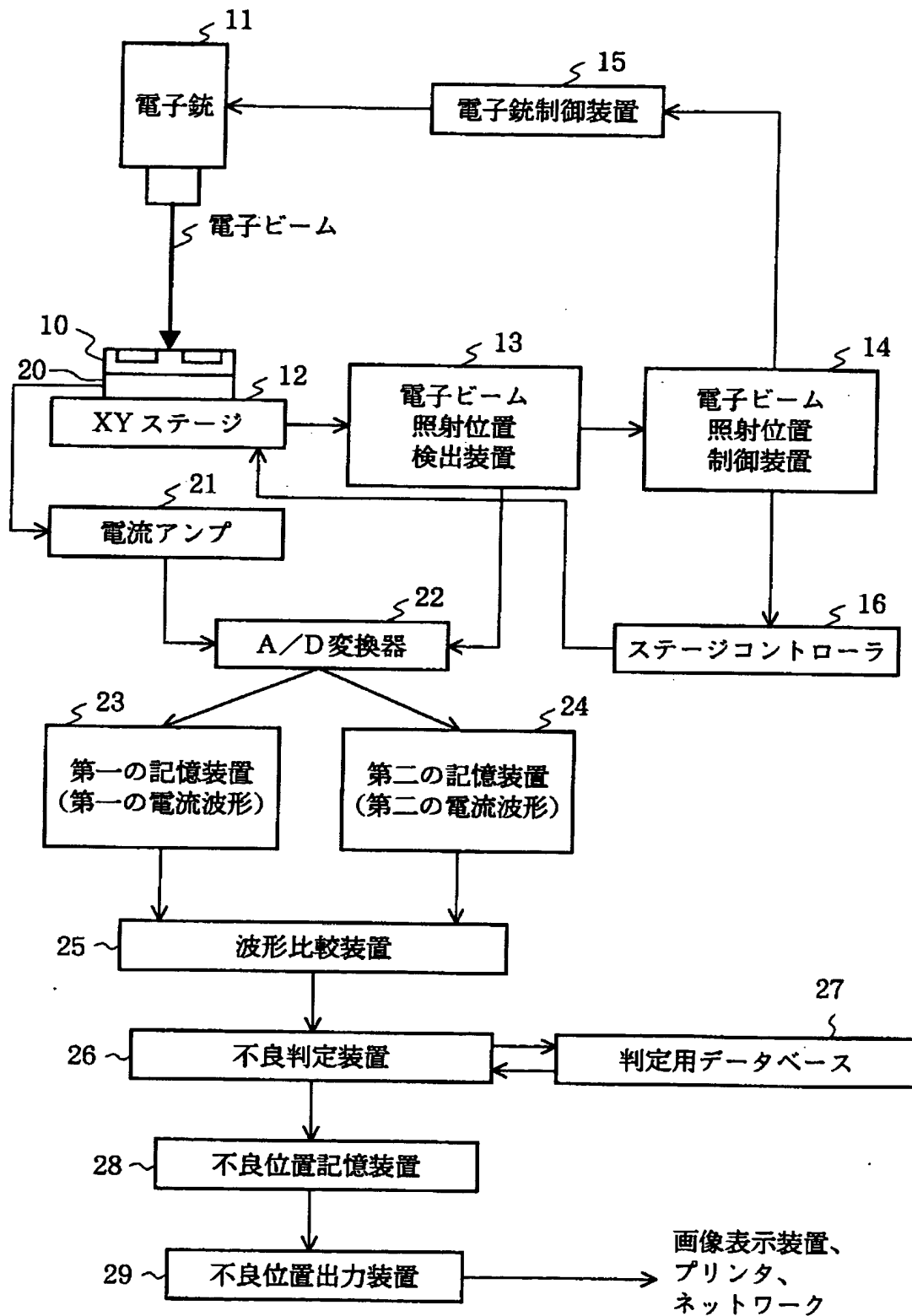
【符号の説明】

- 10 被検査ウェハ
- 11 電子銃
- 12 XYステージ
- 13 電子ビーム照射位置検出装置
- 14 電子ビーム照射位置制御装置
- 15 電子銃制御装置
- 16 ステージコントローラ
- 17 副走査用偏向装置
- 20 電極
- 21 電流アンプ

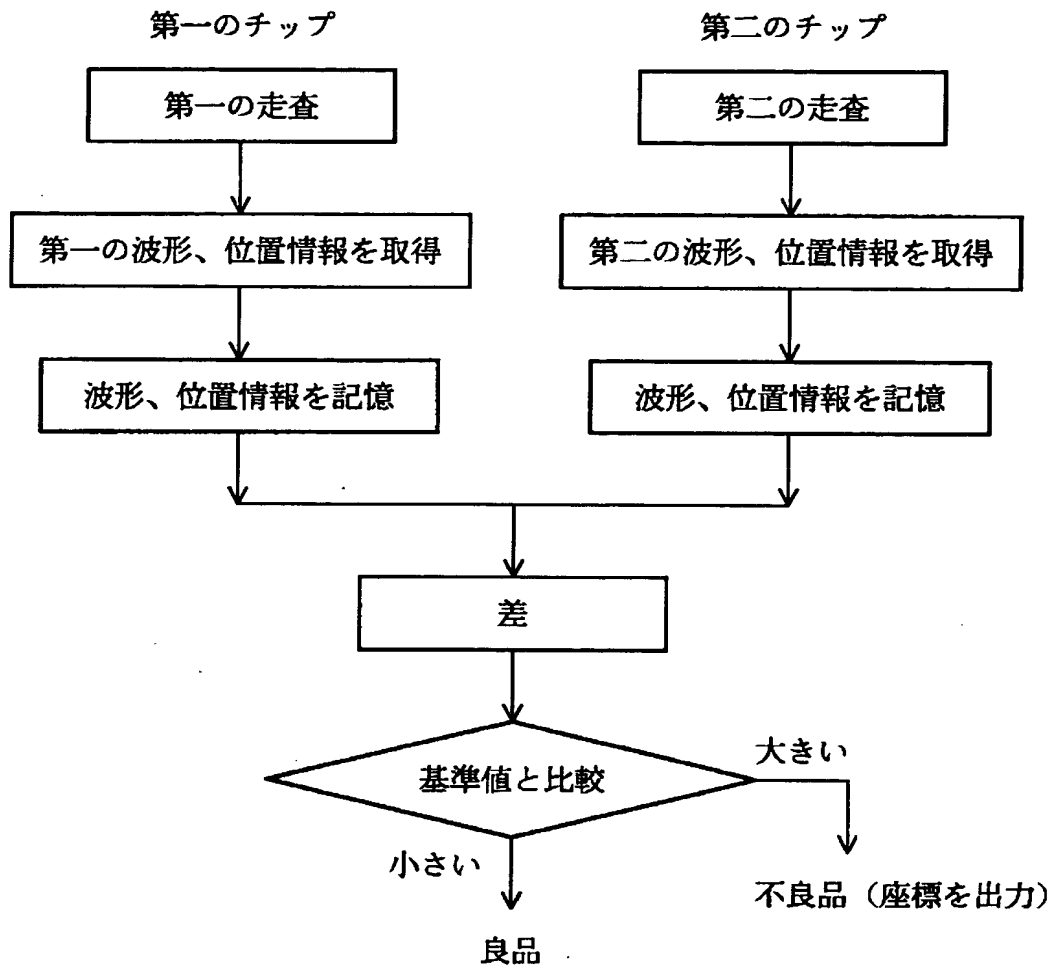
- 22 A/D変換器
- 23、24 記憶装置
- 25 波形比較装置
- 26 不良判定装置
- 27 判定用データベース
- 28 不良位置記憶装置
- 29 不良位置出力装置
- 31、32 パルス検出器
- 33 瞬時電流比較装置
- 41、42 パルス積分器
- 43 積分値比較装置
- 51、55、61、65 記憶装置
- 52、62 パルス積分器
- 53、63 パルス幅検出器
- 54、64、66 除算装置

【書類名】 図面

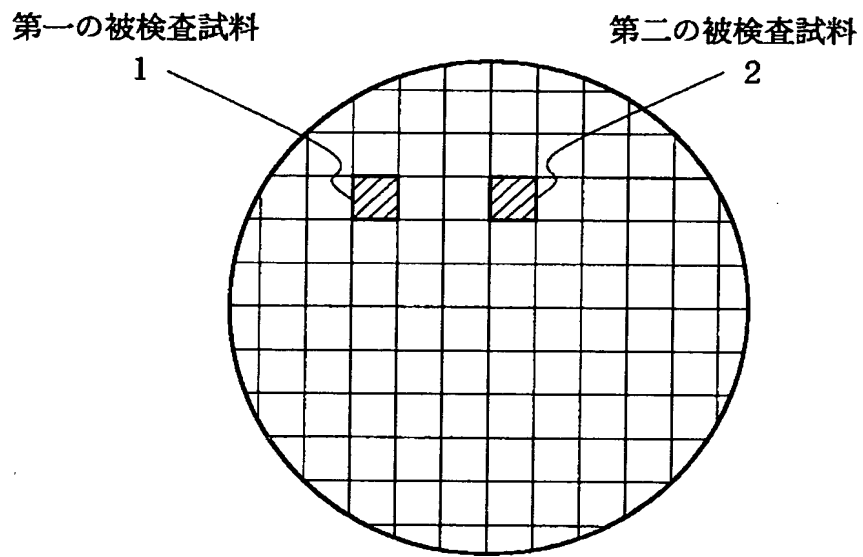
【図 1】



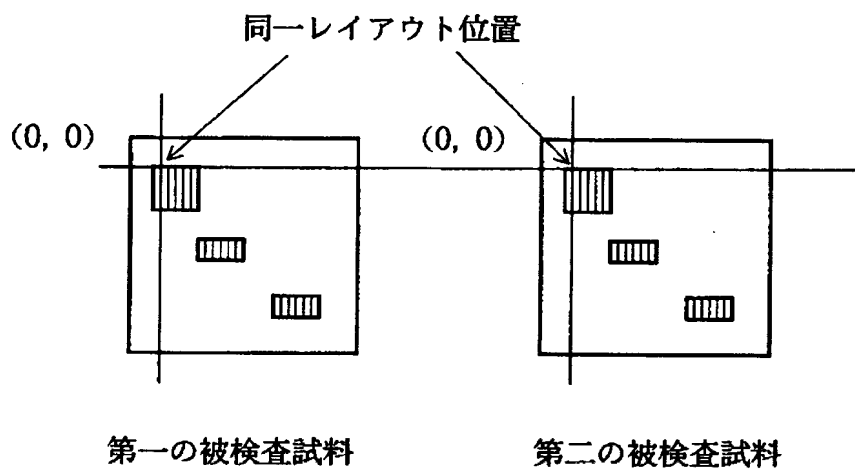
【図 2】



【図 3】

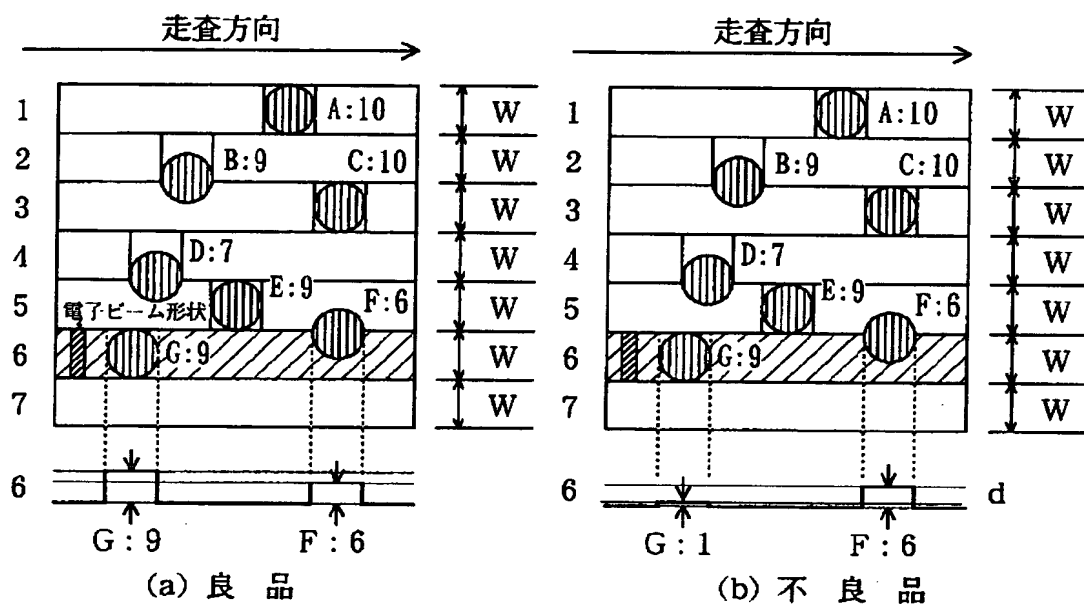


【図 4】

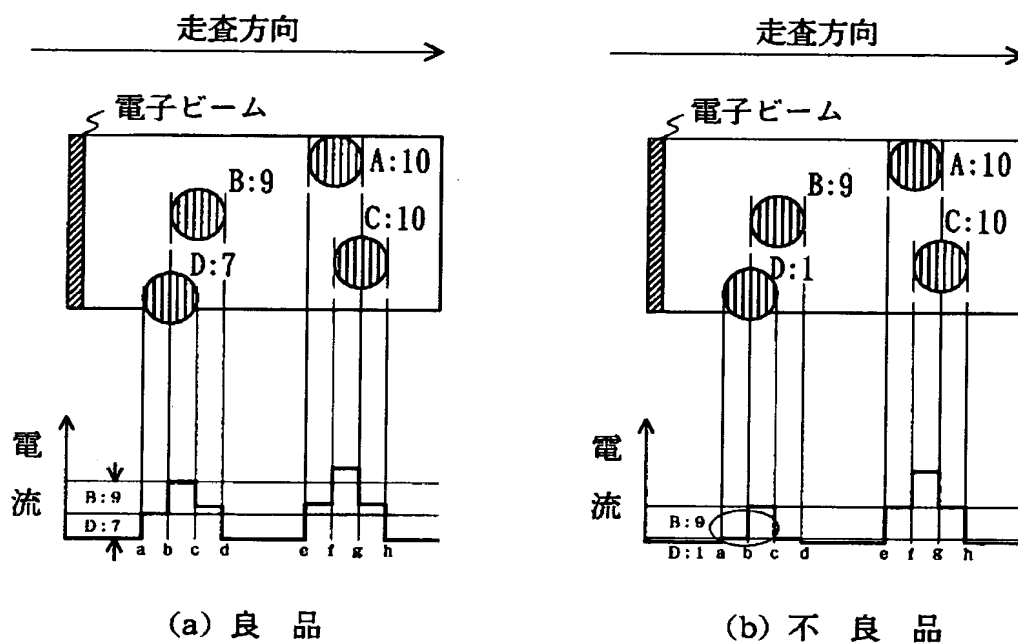


拡大図

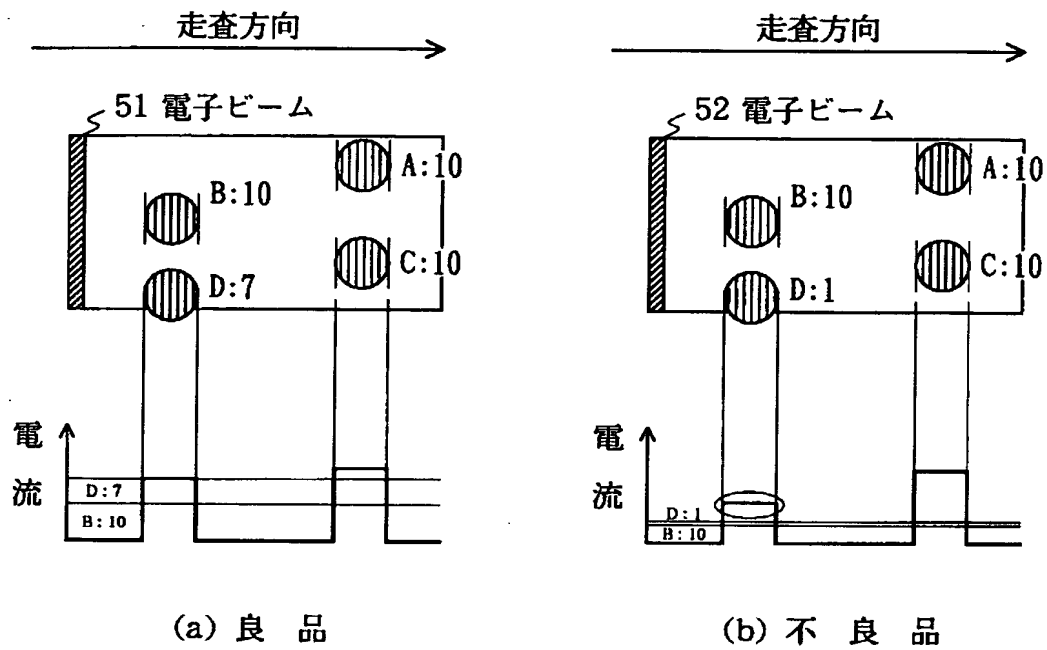
【図 5】



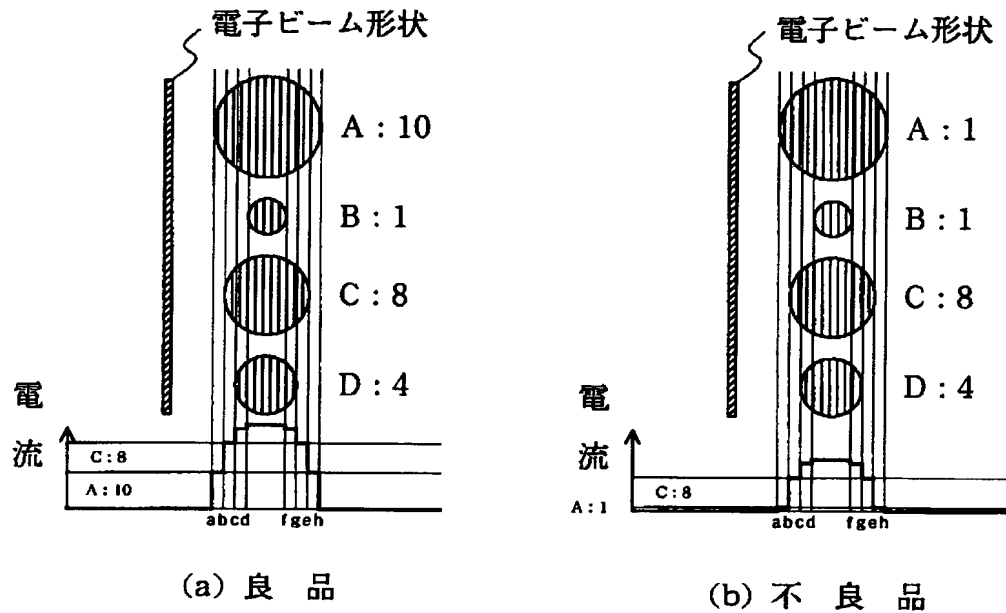
【図 6】



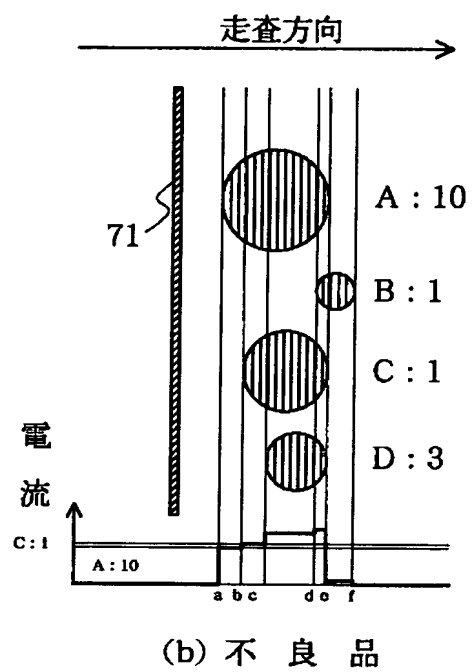
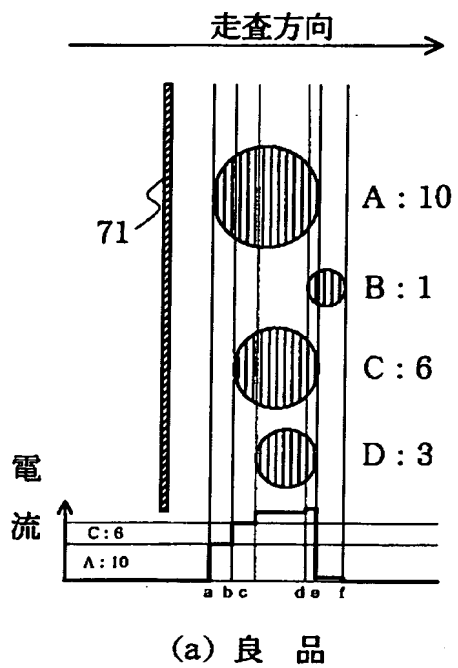
【図 7】



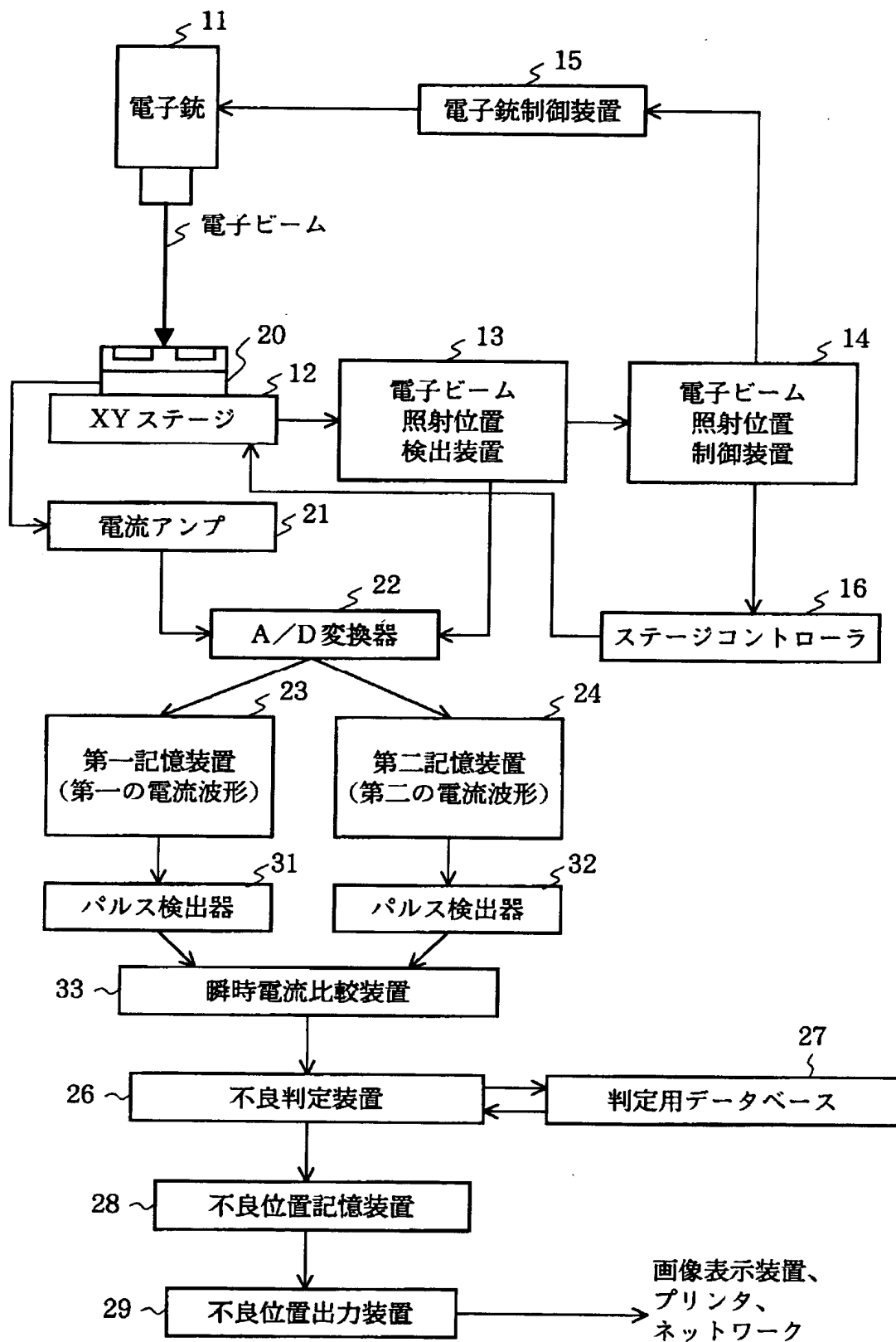
【図 8】



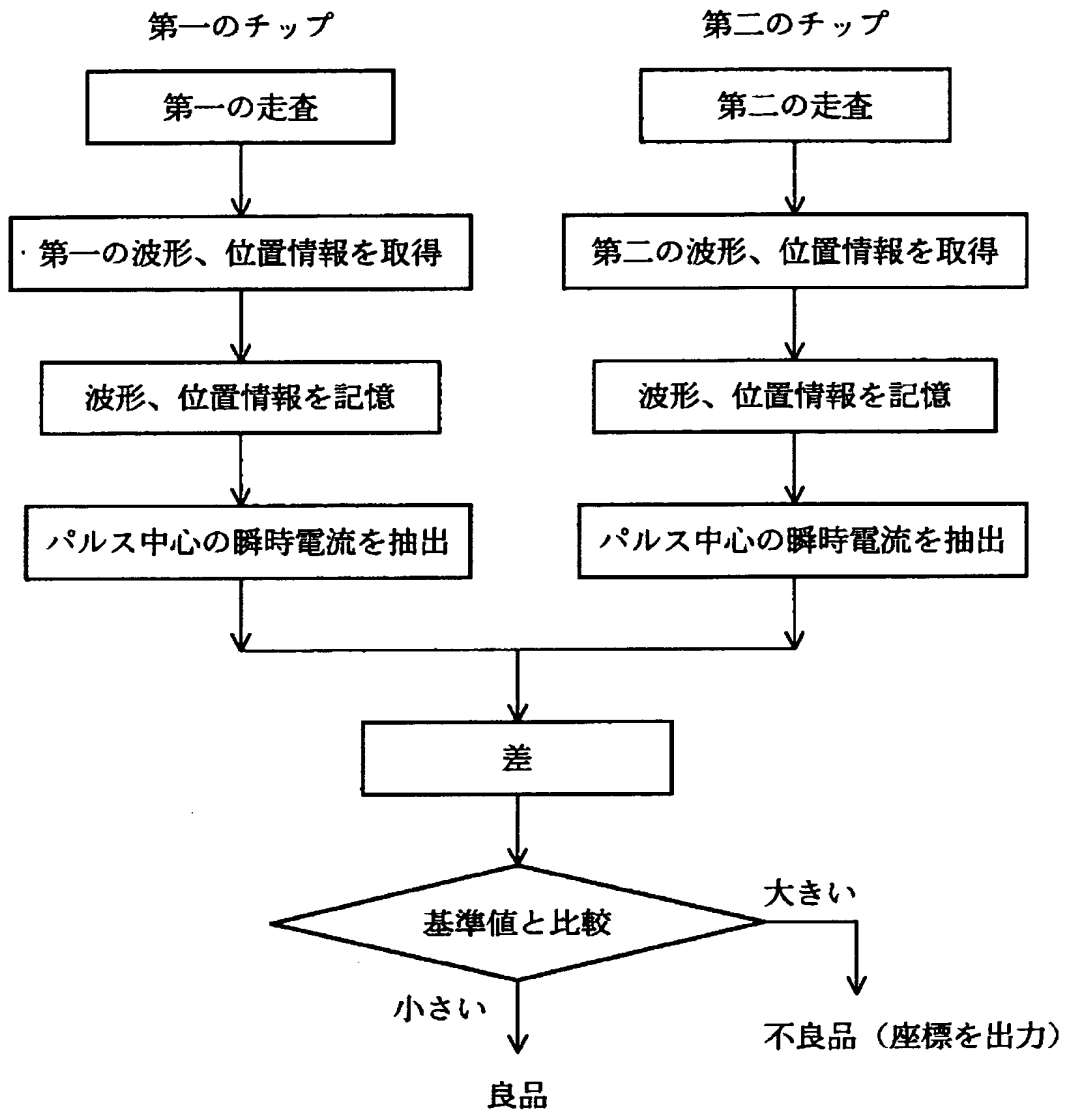
【图 9】



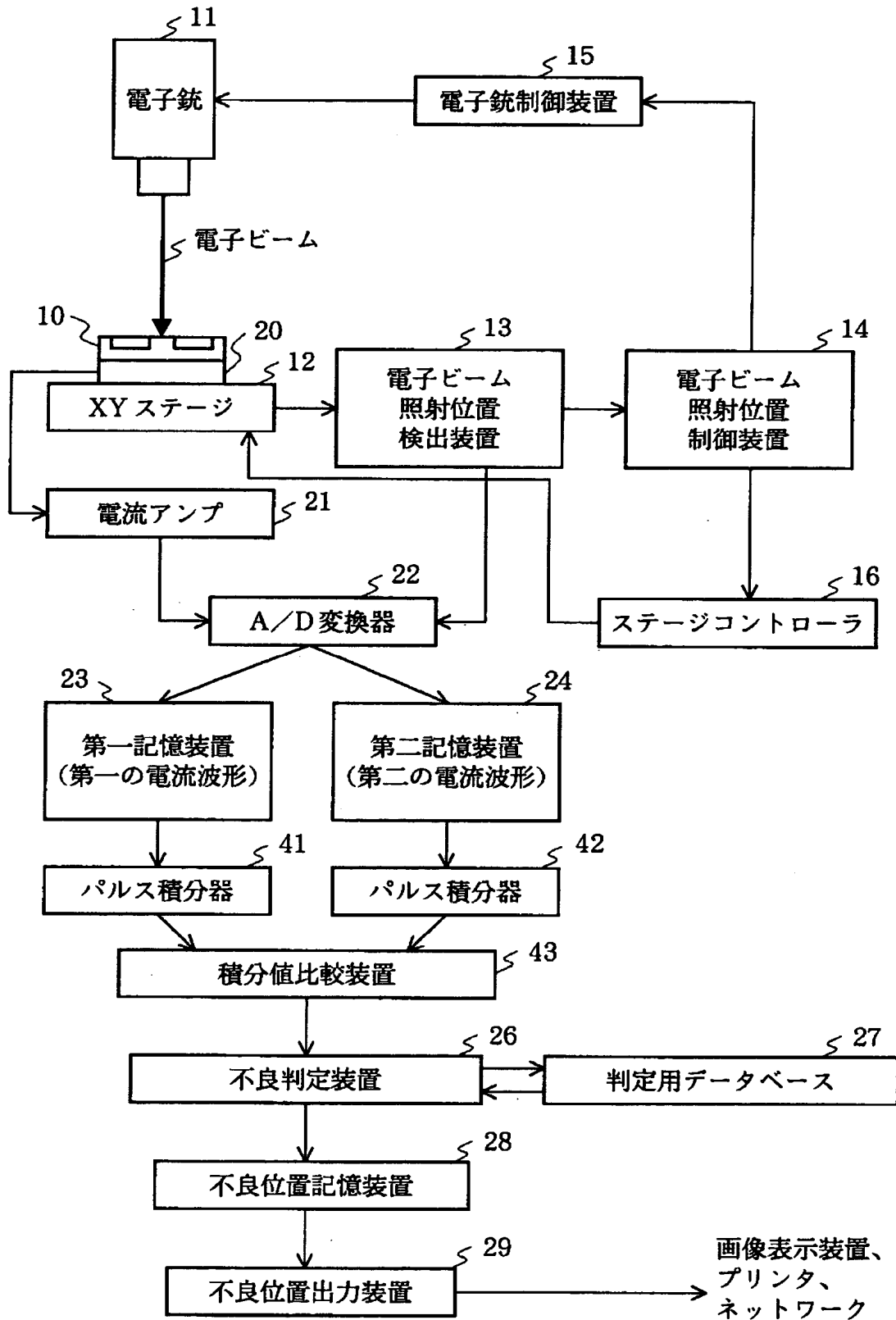
【図10】



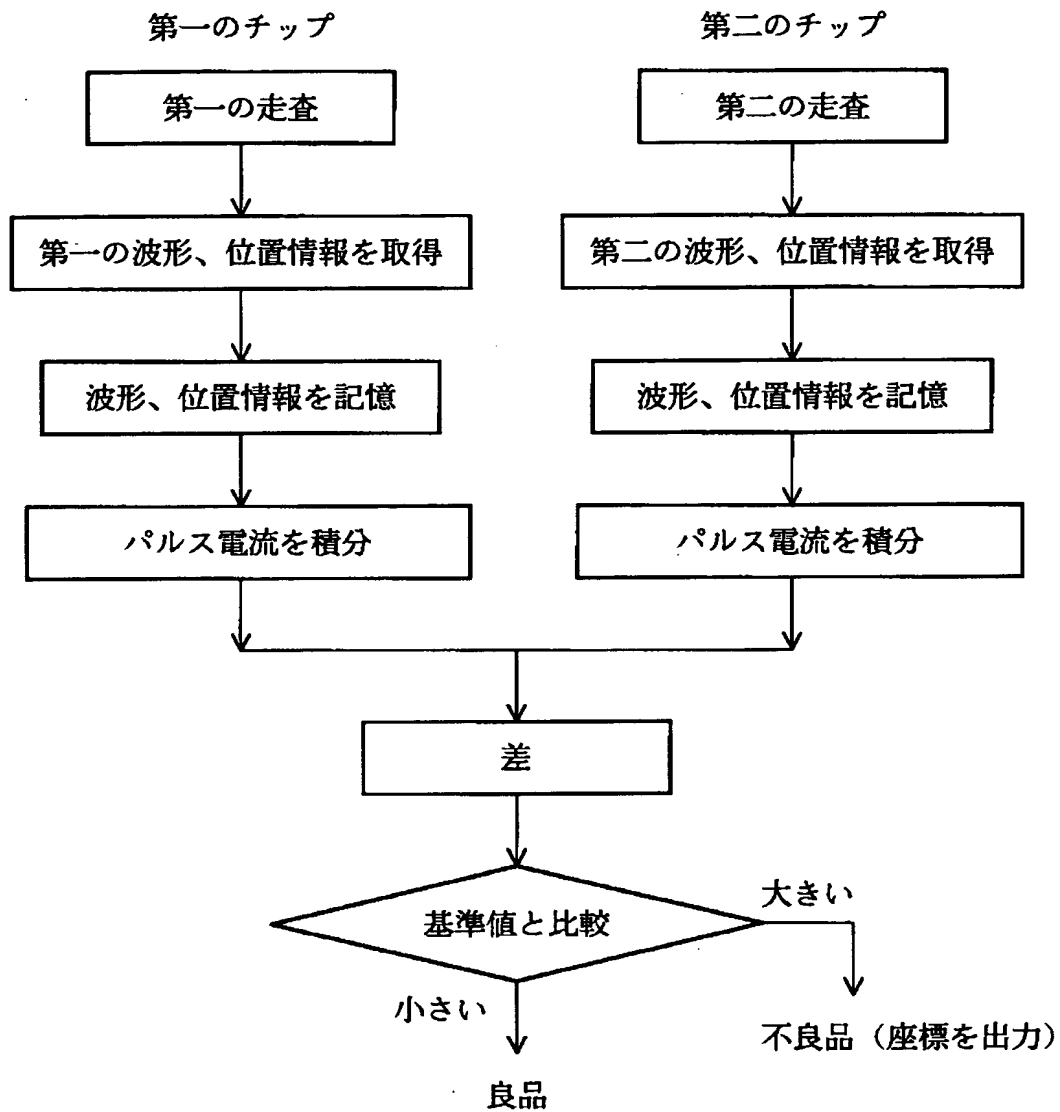
【図 1 1】



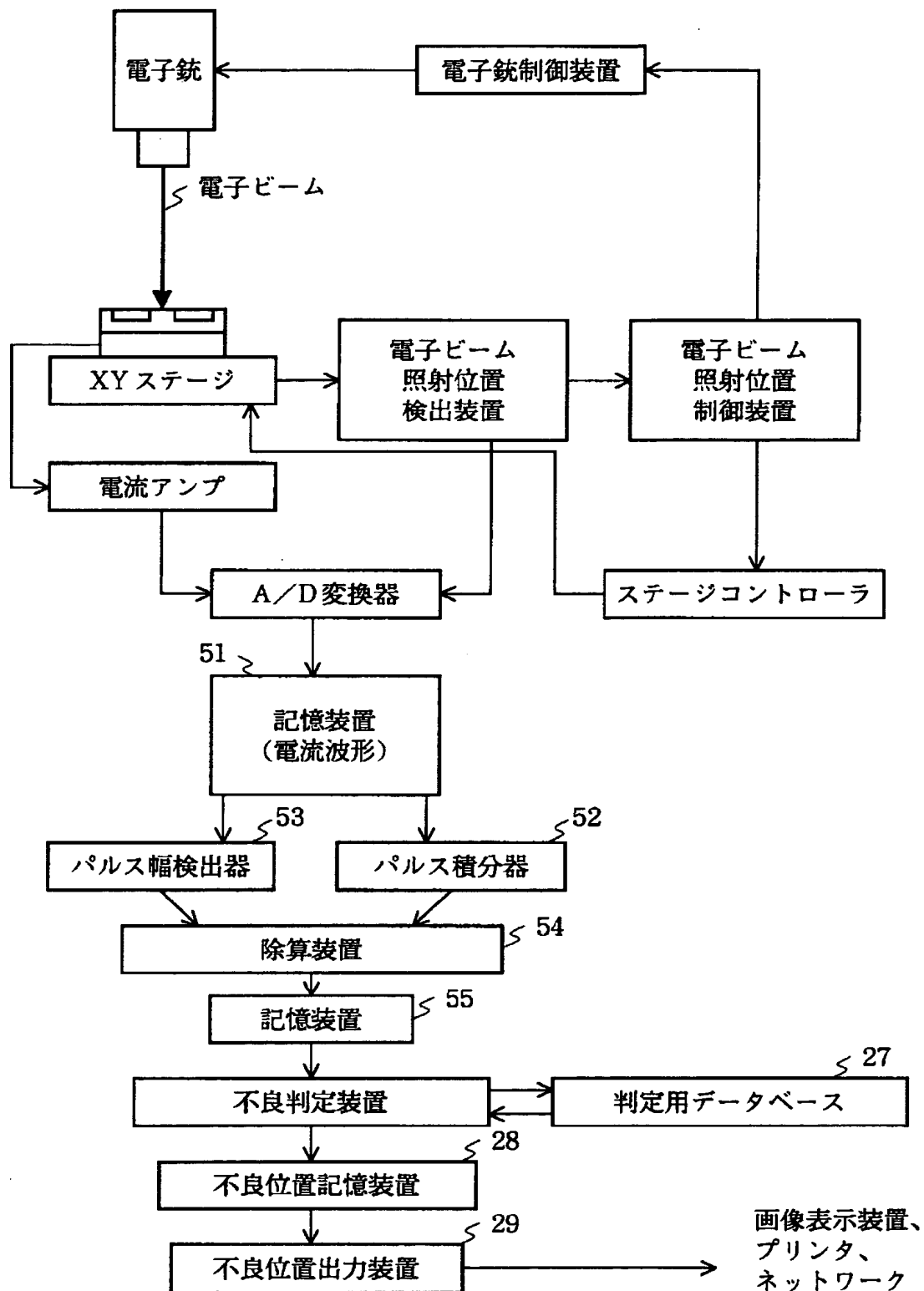
【図 1 3】



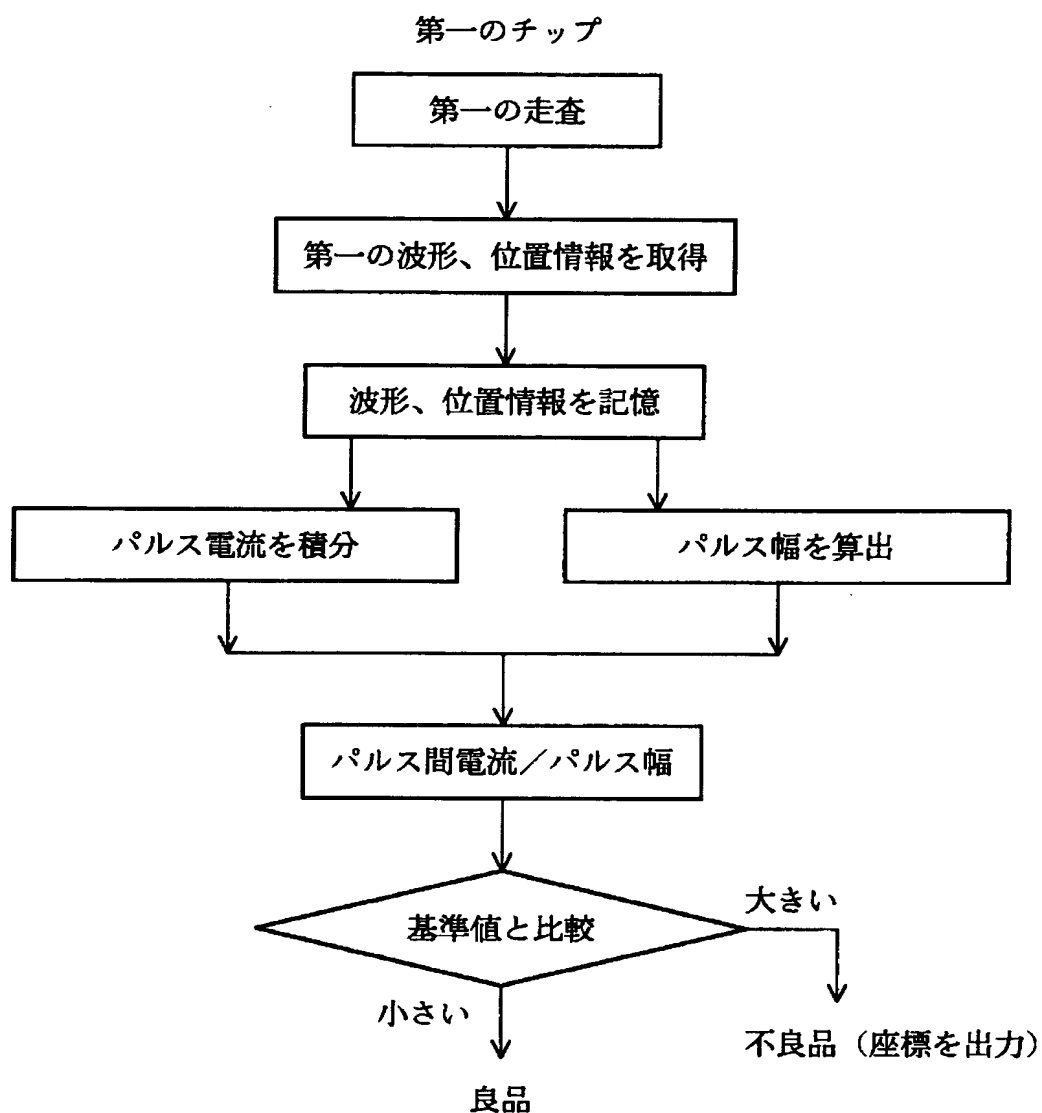
【図 14】



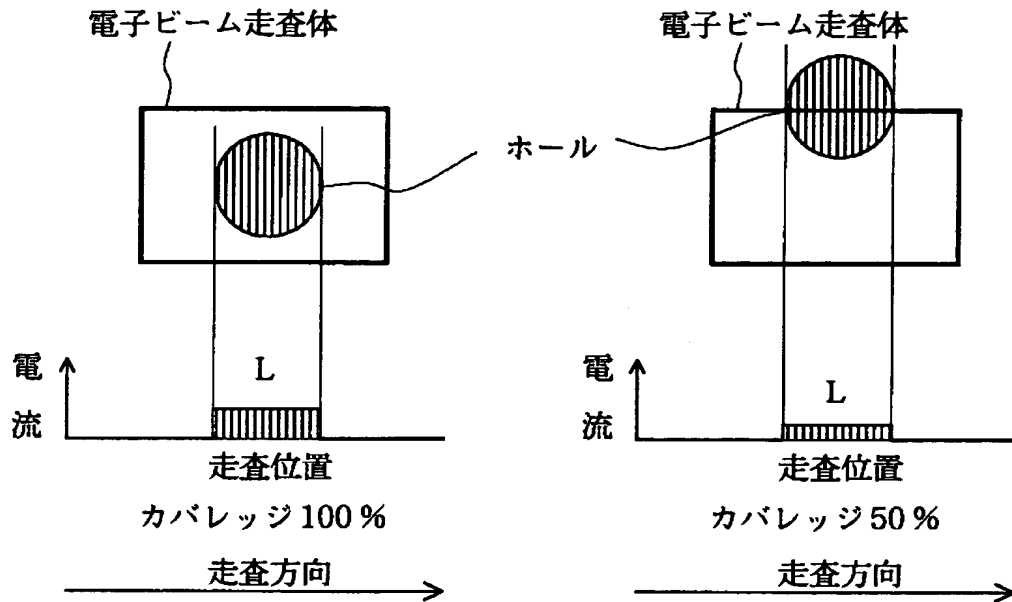
【図15】



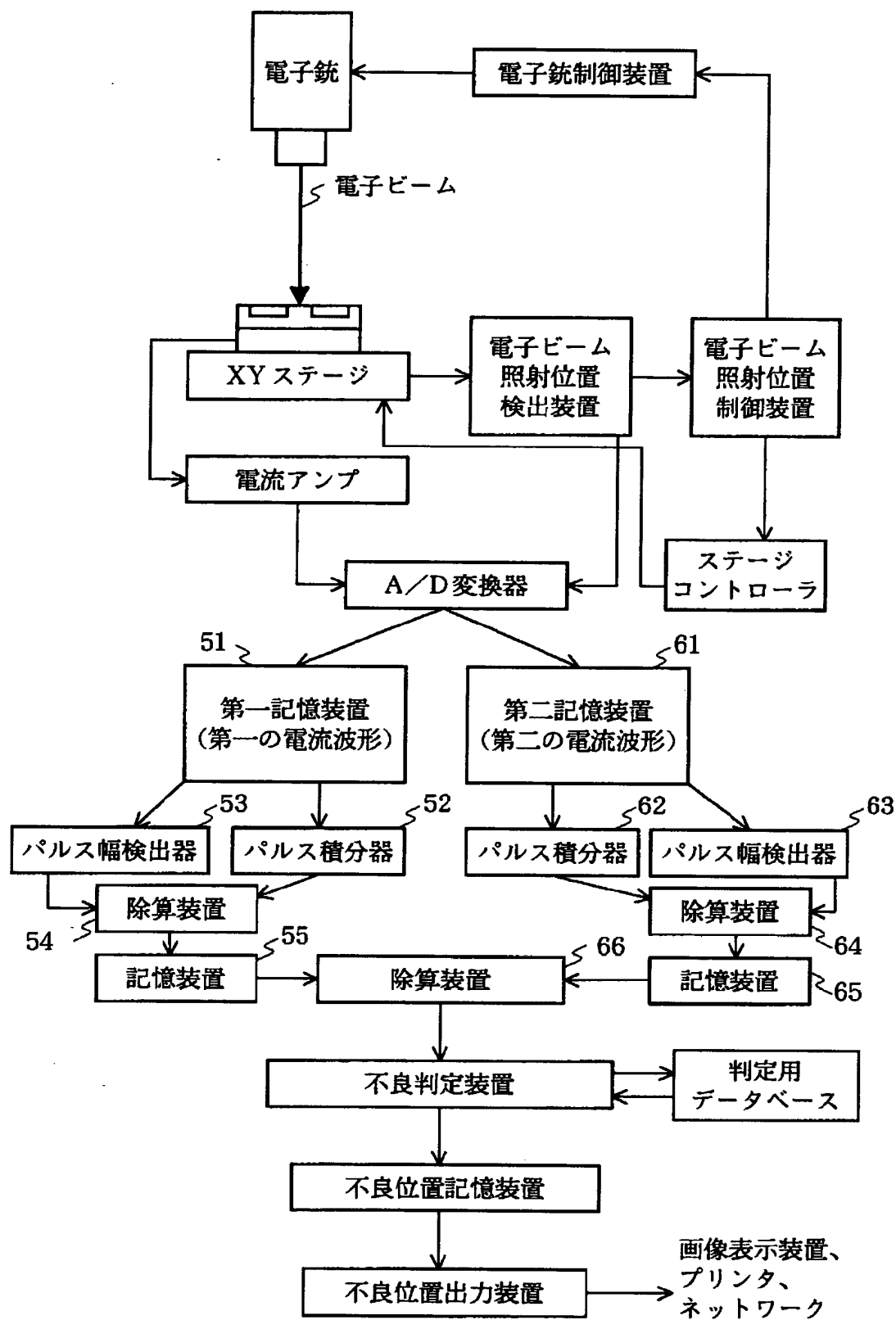
【図 16】



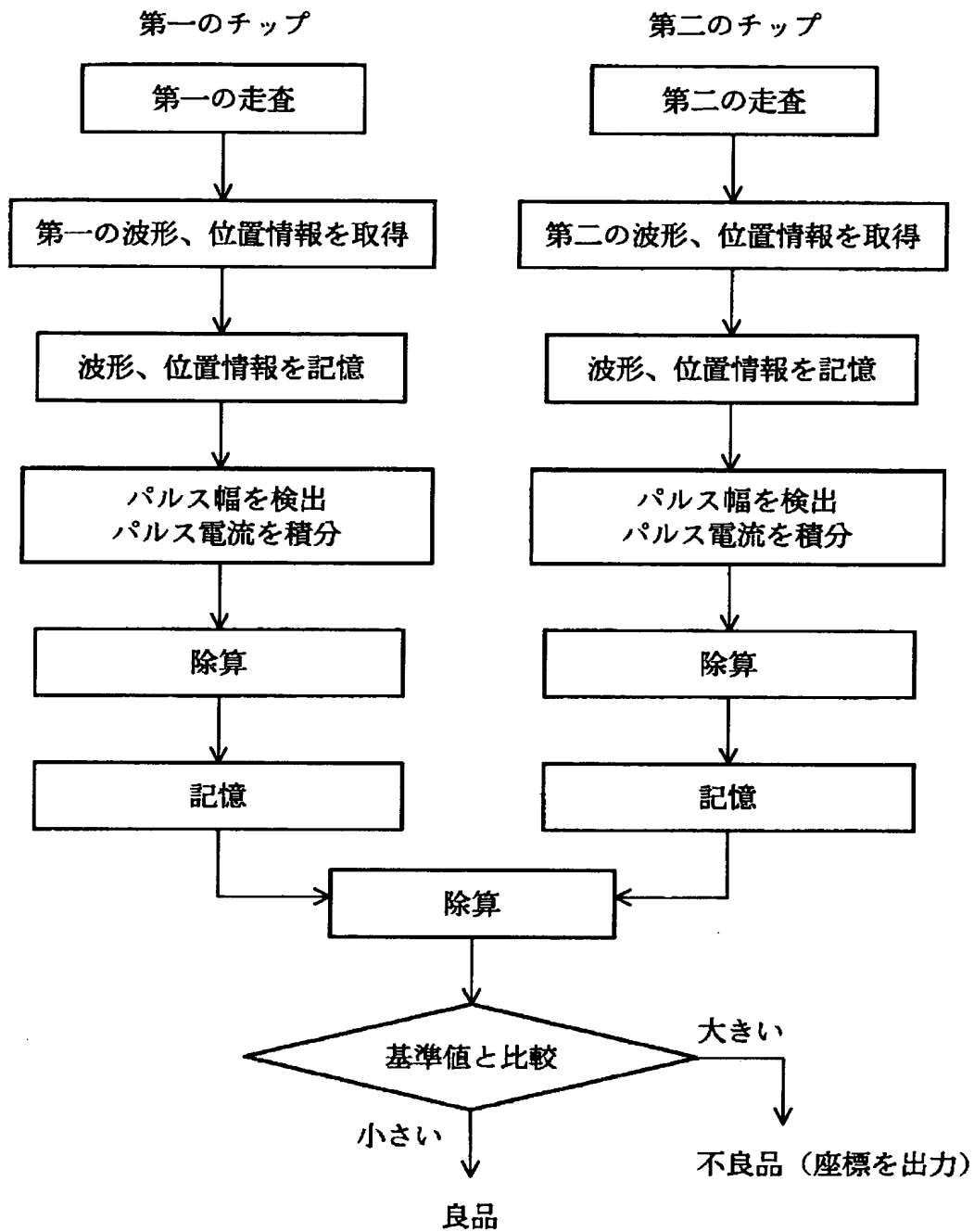
【図 1 7】



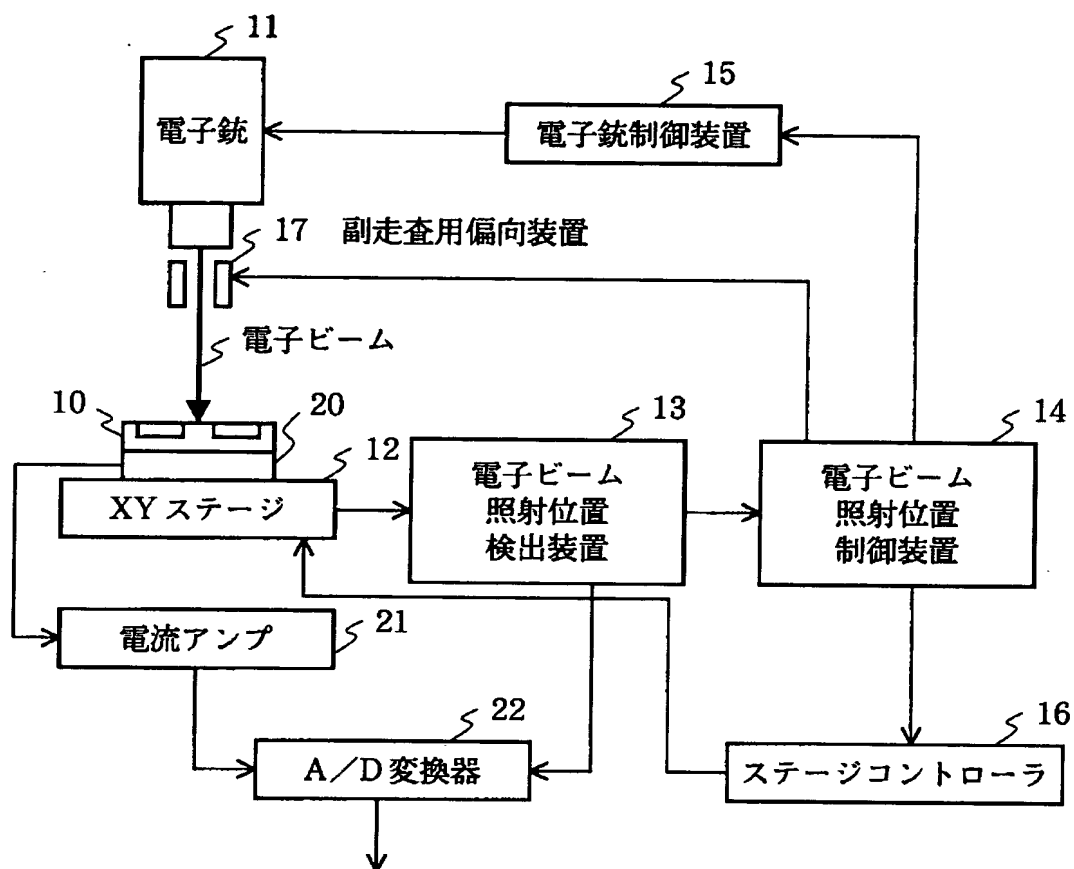
【図18】



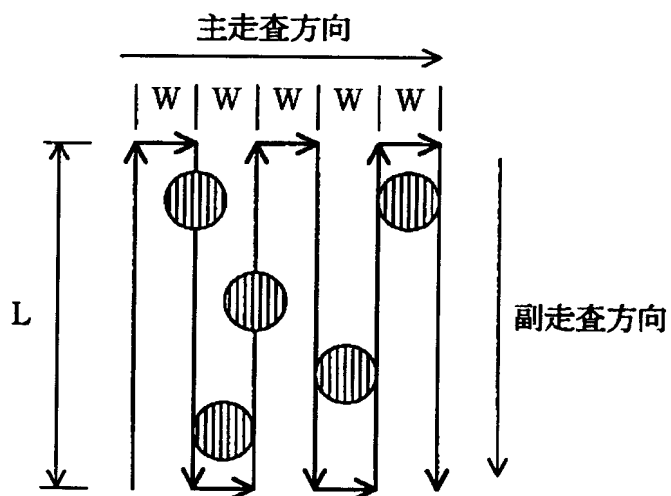
【図19】



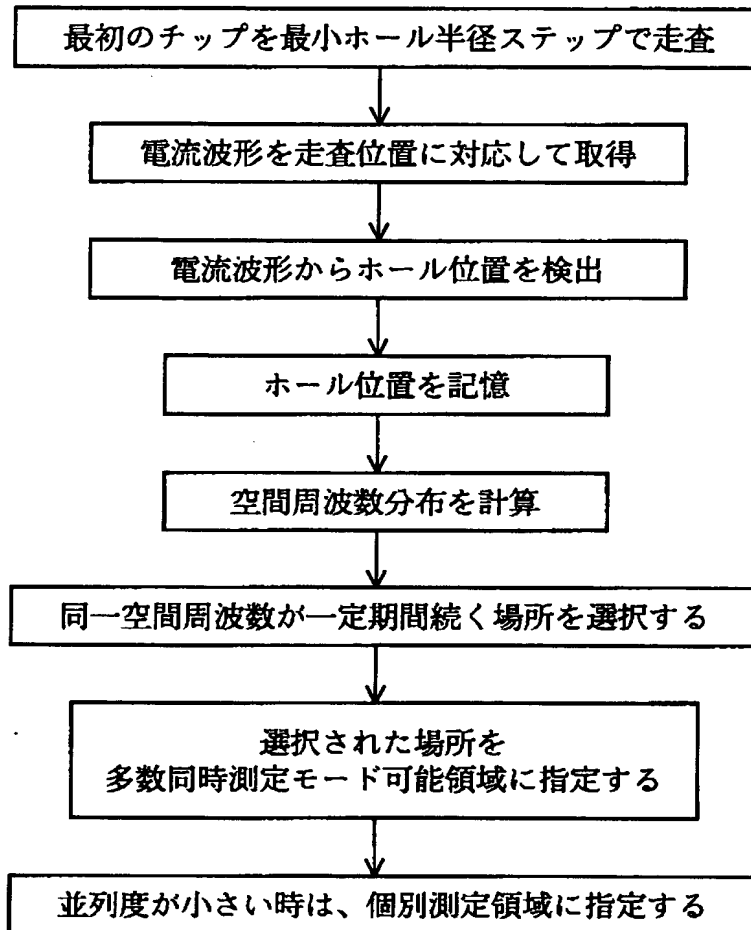
【図 20】



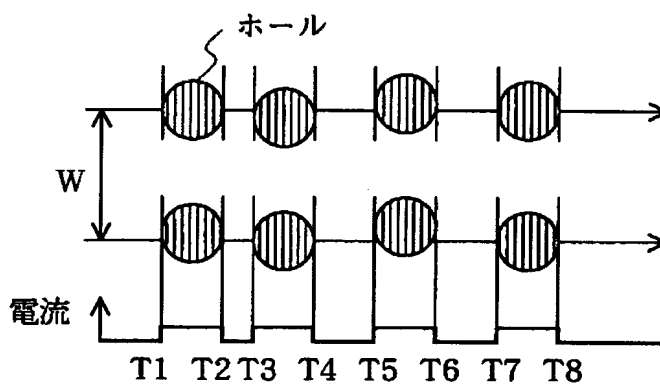
【図 21】



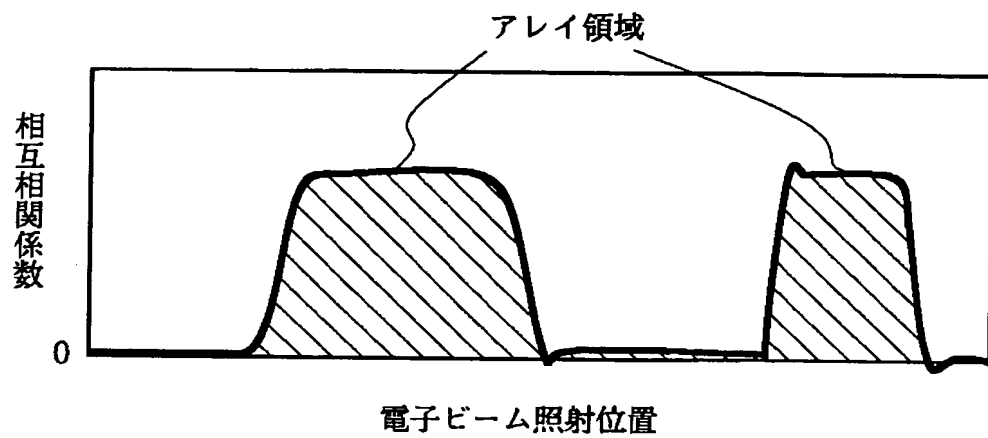
【図 2 2】



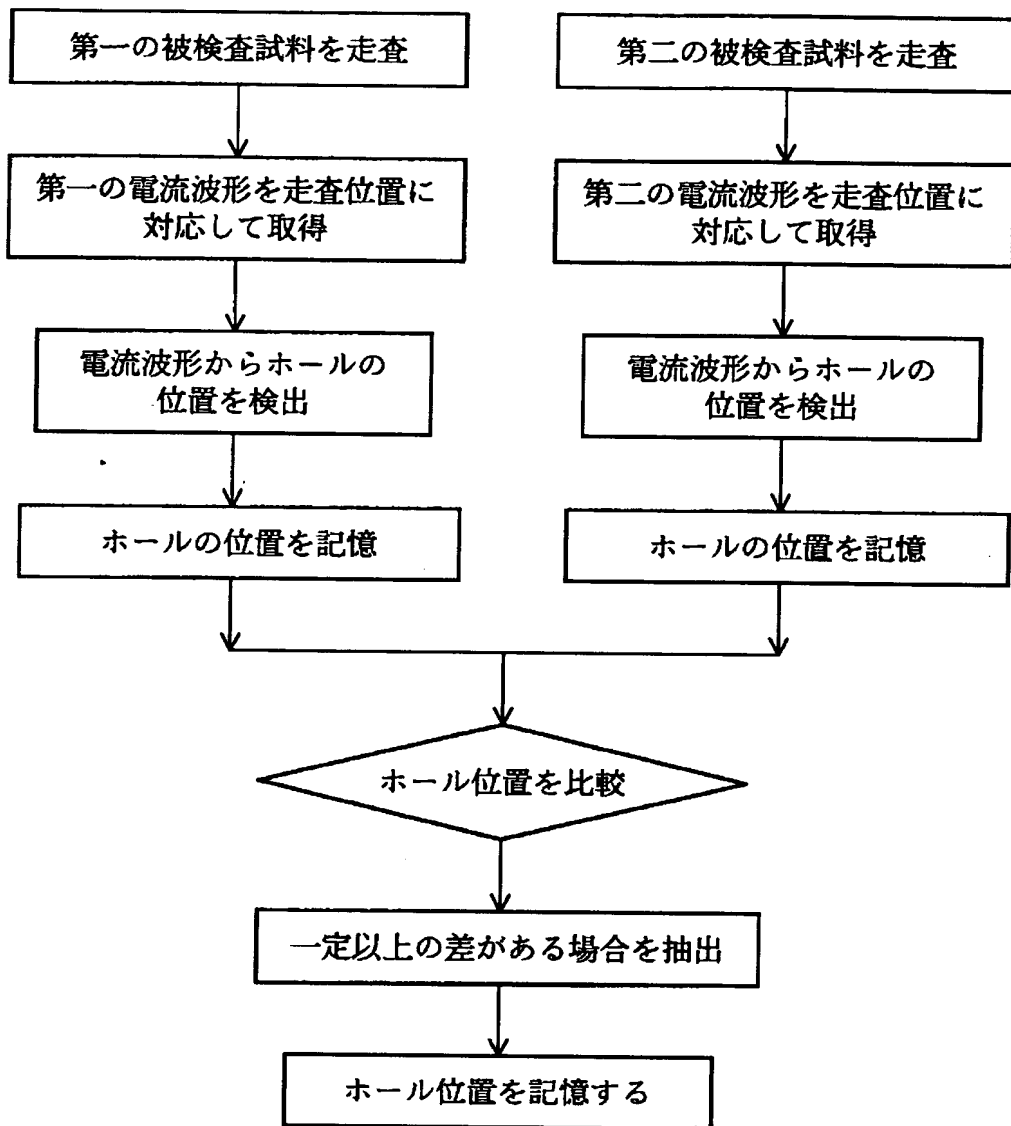
【図 2 3】



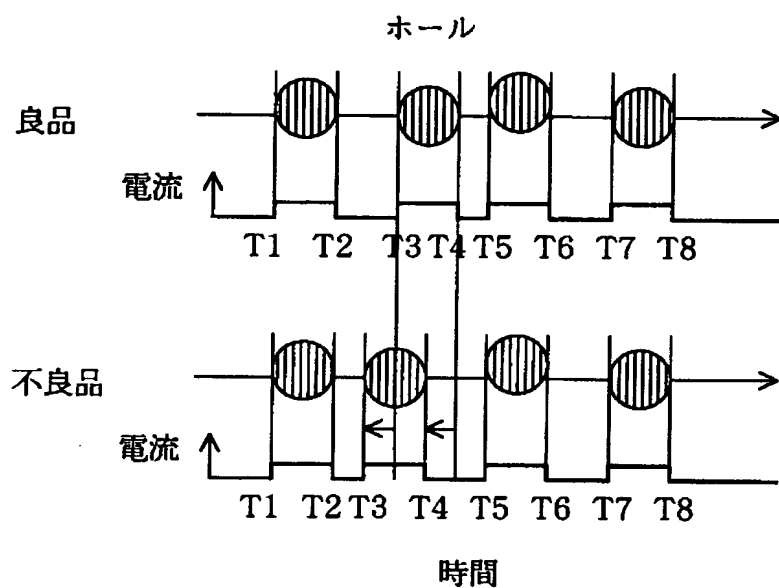
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電子ビーム照射に伴って被検査試料に生じる電流を用いてデバイスの良否検査を行う場合に、ロジック回路のようにホールがランダムに配置されている場合にも、CADデータを使わないで、正しい検査結果が得られるようにする。

【解決手段】 被検査試料に対して電子ビームを走査させながら照射し、電子ビームが照射された際に試料に生じた電流値をそのときの電子ビーム照射位置と対応付けて電流波形として記憶し、二つの被検査試料に対する電流波形を比較することにより、不良位置を検出する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名 日本電気株式会社